

**Hidayat\_Sutanto\_Kajian\_faktor\_angka\_konversi\_kekuatan\_beton.docx****Prodi Sipil** Date: 2019-01-22 13:33 WIB\* All sources **100** | Internet sources **97** | Own documents **1**

- ✓ [1] <https://vdocuments.site/file-bahan-bangunan-2010.html>  
4.6% 108 matches
- ✓ [2] <https://vdocuments.site/teknologi-beton-56ad592e9b78e.html>  
2.5% 102 matches
- ✓ [3] <https://edoc.site/laporan-praktikum-beton-pdf-free.html>  
2.8% 67 matches
- ✓ [4] [repository.upi.edu/12040/6/S\\_TS\\_1001148\\_Chapter3.pdf](repository.upi.edu/12040/6/S_TS_1001148_Chapter3.pdf)  
3.0% 67 matches
- ✓ [5] <bbl-praditaaprilia.blogspot.com/>  
1.9% 79 matches
- ✓ [6] <willyapriyantok14.blogspot.com/2015/12/praktikum-bahan-bangunan-laut-1.html>  
1.9% 78 matches
- ✓ [7] <https://ovankl2015.wordpress.com/2016/12...ial-pembentuk-beton/>  
1.7% 71 matches
- ✓ [8] <alifsinatryakl15.blogspot.com/2016/12/praktikum-bahan-bangunan-laut-1.html>  
1.7% 66 matches
- ✓ [10] <https://anzdoc.com/universitas-indonesia-studi-perilaku-kuat-geser-pada-beton-d.html>  
1.0% 73 matches
- ✓ [11] <wahidkl15.blogspot.com/2016/10/praktikum-1.html>  
1.3% 56 matches
- ✓ [12] <widypmrtsr.blogspot.com/2015/12/>  
1.5% 54 matches  
⊕ 1 documents with identical matches
- ✓ [14] <kl15049iffahsulistya.blogspot.com/>  
1.5% 54 matches
- ✓ [15] <widypmrtsr.blogspot.com/2015/12/praktikum-beton-pekan-1.html>  
1.4% 52 matches  
⊕ 1 documents with identical matches
- ✓ [17] [a-research.upi.edu/operator/upload/s\\_tb\\_045666\\_chapter3.pdf](a-research.upi.edu/operator/upload/s_tb_045666_chapter3.pdf)  
1.8% 44 matches
- ✓ [18] <https://vdocuments.site/unlock-a13.html>  
1.3% 40 matches
- ✓ [19] <https://doctiktak.com/laporan-praktikum-struktur-beton-kelompok-viii.html>  
1.2% 47 matches
- ✓ [20] <thalianurulh006.blogspot.com/2016/10/praktikum-1-30-september-2016.html>  
1.0% 46 matches
- ✓ [21] <https://edoc.site/sifat-fisik-dan-mekanik-mortar-polimer-pdf-free.html>  
1.1% 58 matches
- ✓ [22] <https://edoc.site/laporan-praktikum-teknologi-beton-2-pdf-free.html>  
1.1% 50 matches
- ✓ [23] <https://eprints.uns.ac.id/4864/1/209851411201104361.pdf>  
1.1% 39 matches

- 
- ✓

[24]


[bhaktibuanamakmur.blogspot.com/2013/07/](https://bhaktibuanamakmur.blogspot.com/2013/07/)  


1.3%

 34 matches

---

  - ✓

[25]


<https://vdocuments.site/bab-i-proposalq.html>  


0.9%

 43 matches

---

  - ✓

[26]


<https://unmuratekniksipil.wordpress.com/category/uncategorized/>  


1.4%

 32 matches

---

  - ✓

[27]


[155coffee.blogspot.com/](https://155coffee.blogspot.com/)  


0.8%

 42 matches

---

  - ✓

[28]


<https://edoc.site/bahan-ajarteknologi-beton-pdf-free.html>  


1.0%

 33 matches

---

  - ✓

[29]


<https://bayuprasetyob.blogspot.com/2016/...-dan-penyerapan.html>  


0.8%

 37 matches

---

  - ✓

[30]


<https://id.scribd.com/doc/38575012/Laporan-Praktek-uji-Beton>  


1.3%

 34 matches

---

  - ✓

[31]


[maxrodriguezz.blogspot.com/2017/10/](https://maxrodriguezz.blogspot.com/2017/10/)  


0.7%

 36 matches

---

  - ✓

[32]


<https://unmuratekniksipil.wordpress.com/...puran-pembuat-beton/>  


1.4%

 29 matches

---

  - ✓

[33]


<https://putrismechelon.wordpress.com/201...t-s-maulidiah-putri/>  

0.9%

 38 matches

---

  - ✓

[34]


<https://vdocuments.site/47966304-manual-aspal-56a07c97e765f.html>  


0.9%

 43 matches

---

  - ✓

[35]


<https://15515o23.wordpress.com/>  


0.6%

 43 matches

---

  - ✓

[36]


<https://www.slideserve.com/AgustienT/panduan-praktikum>  


0.9%

 34 matches

---

  - ✓

[37]


[manjara.blogspot.com/2011/07/analisa-kuat-tekan-beton-menggunakan.html](https://manjara.blogspot.com/2011/07/analisa-kuat-tekan-beton-menggunakan.html)  

0.9%

 29 matches

---

  - ✓

[38]


<https://www.slideshare.net/arhytachapi/04120032-ida-baguswd07120038andrilono>  


1.2%

 36 matches

---

  - ✓

[39]


[www.academia.edu/12005984/DIKTAT\\_PENUNTUN\\_PRAKTIKUM\\_beton](http://www.academia.edu/12005984/DIKTAT_PENUNTUN_PRAKTIKUM_beton)  

1.0%

 28 matches

---

  - ✓

[40]


<https://ednokamelta.wordpress.com/2011/05/27/materi-agregat/>  

1.0%


 33 matches  

⊞ 1 documents with identical matches

---

  - ✓

[42]


<https://vdocuments.site/lab-1-55b07d26d7caf.html>  


1.2%

 34 matches

---

  - ✓

[43]


<https://docplayer.info/47211384-Analisa-...I-beton-skripsi.html>  


0.9%

 41 matches

---

  - ✓

[44]


<https://15515o23.wordpress.com/2016/10/10/351/>  


0.5%

 39 matches

---

  - ✓

[45]


[eprints.umm.ac.id/36915/3/jiptummpg-gdl-pangestuba-51397-3-babii.pdf](https://eprints.umm.ac.id/36915/3/jiptummpg-gdl-pangestuba-51397-3-babii.pdf)  


1.0%

 15 matches

---

  - ✓

[46]


[larasitapulungan.blogspot.com/](https://larasitapulungan.blogspot.com/)  


0.8%

 34 matches

---












  - ✓

[47]


[anaksipilinfo.blogspot.com/](https://anaksipilinfo.blogspot.com/)

✓	[4 / ]	0.7%	28 matches
✓	[48]	1.3%	26 matches ⊕ 1 documents with identical matches
✓	[50]	0.8%	32 matches
✓	[51]	1.3%	26 matches
✓	[52]	0.6%	18 matches
✓	[53]	0.5%	31 matches
✓	[54]	0.5%	28 matches
✓	[55]	0.9%	33 matches
✓	[56]	0.6%	28 matches
✓	[57]	1.0%	24 matches
✓	[58]	0.5%	19 matches
✓	[59]	1.3%	23 matches ⊕ 1 documents with identical matches
✓	[61]	0.5%	29 matches
✓	[62]	0.6%	16 matches
✓	[63]	0.5%	33 matches
✓	[64]	0.4%	29 matches
✓	[65]	1.2%	22 matches ⊕ 2 documents with identical matches
✓	[68]	0.5%	22 matches
✓	[69]	0.9%	17 matches
✓	[70]	0.6%	24 matches
✓	[71]	0.9%	22 matches
✓	[72]	0.2%	24 matches
			https://documents.my/20-ada-perwandi-02.html

✓	[73]	<a href="https://vdocuments.mx/30-san-marunda-u2.ntml">https://vdocuments.mx/30-san-marunda-u2.ntml</a> 0.6% 23 matches
✓	[74]	<a href="https://pengeathuan10.blogspot.com/2016/01/contoh-laporan-laboratorium-uji-bahan.html">pengeathuan10.blogspot.com/2016/01/contoh-laporan-laboratorium-uji-bahan.html</a> 0.3% 18 matches
✓	[75]	<a href="https://edoc.site/spesifikasi-umum-bina-marga-divisi-7-2010-struktur-pdf-free.html">https://edoc.site/spesifikasi-umum-bina-marga-divisi-7-2010-struktur-pdf-free.html</a> 0.5% 23 matches
✓	[76]	<a href="https://edoc.site/desi-christine5113414017teknik-sipil-2014-4-pdf-free.html">https://edoc.site/desi-christine5113414017teknik-sipil-2014-4-pdf-free.html</a> 0.6% 24 matches
✓	[77]	<a href="https://repository.upi.edu/4772/6/S_TS_0707646_Chapter3.pdf">repository.upi.edu/4772/6/S_TS_0707646_Chapter3.pdf</a> 0.3% 24 matches
✓	[78]	<a href="https://www.academia.edu/4671705/Laporan_Praktikum_Beton">www.academia.edu/4671705/Laporan_Praktikum_Beton</a> 0.8% 21 matches
✓	[79]	<a href="https://fr.scribd.com/doc/246984170/Agregat">https://fr.scribd.com/doc/246984170/Agregat</a> 0.7% 20 matches
✓	[80]	<a href="https://www.coursehero.com/file/p357l0e/...pecific-gravity-dan/">https://www.coursehero.com/file/p357l0e/...pecific-gravity-dan/</a> 0.4% 20 matches
✓	[81]	<a href="https://vdocuments.site/uji-berat-jenis-dan-penyerapan-agregat.html">https://vdocuments.site/uji-berat-jenis-dan-penyerapan-agregat.html</a> 0.5% 20 matches
✓	[82]	<a href="https://vdocuments.site/divisi-7-2010doc.html">https://vdocuments.site/divisi-7-2010doc.html</a> 0.6% 18 matches
✓	[83]	<a href="https://vdocuments.site/kurva-teknik-56d636a50072f.html">https://vdocuments.site/kurva-teknik-56d636a50072f.html</a> 0.6% 21 matches
✓	[84]	<a href="https://repository.upi.edu/4283/6/S_TS_0700736_Chapter3.pdf">repository.upi.edu/4283/6/S_TS_0700736_Chapter3.pdf</a> 0.5% 17 matches
✓	[85]	<a href="https://zrilhamz.wordpress.com/2013/07/13/tugas-laporan-beton/">https://zrilhamz.wordpress.com/2013/07/13/tugas-laporan-beton/</a> 0.4% 19 matches
✓	[86]	<a href="https://misterirham.blogspot.com/2015/04/">https://misterirham.blogspot.com/2015/04/</a> 0.4% 23 matches
✓	[87]	<a href="https://imsippoliban.files.wordpress.com/...ir-agregat-kasar.pdf">https://imsippoliban.files.wordpress.com/...ir-agregat-kasar.pdf</a> 0.3% 12 matches
✓	[88]	<a href="https://misterirham.blogspot.com/2015/04/bab-iii-pemeriksaan-bahan-agregat-kasar.html">misterirham.blogspot.com/2015/04/bab-iii-pemeriksaan-bahan-agregat-kasar.html</a> 0.4% 21 matches
✓	[89]	<a href="https://fr.scribd.com/doc/106354103/Diktat-Penuntun-Praktikum-Beton">https://fr.scribd.com/doc/106354103/Diktat-Penuntun-Praktikum-Beton</a> 0.6% 14 matches
✓	[90]	<a href="https://pt.scribd.com/document/124712560...egat-Halus-Dan-Kasar">https://pt.scribd.com/document/124712560...egat-Halus-Dan-Kasar</a> 0.3% 17 matches
✓	[91]	<a href="https://docplayer.info/107638953-Bab-ii-...ma-dalam-setiap.html">https://docplayer.info/107638953-Bab-ii-...ma-dalam-setiap.html</a> 0.6% 9 matches
✓	[92]	<a href="https://text-id.123dok.com/document/zw0rnkly-modul-praktikum-teknik-sipil-pdf-1.html">https://text-id.123dok.com/document/zw0rnkly-modul-praktikum-teknik-sipil-pdf-1.html</a> 0.5% 21 matches
✓	[93]	<a href="https://jualbuisbeton.com/analisis-specific-gravity/">jualbuisbeton.com/analisis-specific-gravity/</a> 0.4% 14 matches
✓	[94]	<a href="https://cohencool.blogspot.com/2016/10/praktikum-bahan-bangunan-laut.html">cohencool.blogspot.com/2016/10/praktikum-bahan-bangunan-laut.html</a> 0.3% 18 matches
✓	[95]	<a href="https://civilresearch.blogspot.com/2009/">https://civilresearch.blogspot.com/2009/</a> 0.5% 6 matches

<input checked="" type="checkbox"/>	[96]	 <a href="https://helmyabe.files.wordpress.com/2011/05/bab-2.pdf">https://helmyabe.files.wordpress.com/2011/05/bab-2.pdf</a> <div><div>0.3%</div>22 matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[97]	 <a href="a-research.upi.edu/operator/upload/s_pts_054620_chapter3.pdf">a-research.upi.edu/operator/upload/s_pts_054620_chapter3.pdf</a> <div><div>0.3%</div>14 matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[98]	 <a href="https://id.123dok.com/document/nq7njdoz-...ning-tire-fiber.html">https://id.123dok.com/document/nq7njdoz-...ning-tire-fiber.html</a> <div><div>0.3%</div>13 matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[99]	 <a href="https://civilresearch.blogspot.com/2009/12/">https://civilresearch.blogspot.com/2009/12/</a> <div><div>0.5%</div>5 matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[100]	 <a href="blogspotgreencool.blogspot.com/2014/01/laporan-beton.html">blogspotgreencool.blogspot.com/2014/01/laporan-beton.html</a> <div><div>0.1%</div>20 matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[101]	 <a href="https://www.scribd.com/document/52493152/30924118-Lap-beton-Eka">https://www.scribd.com/document/52493152/30924118-Lap-beton-Eka</a> <div><div>0.7%</div>13 matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[102]	 <a href="a-research.upi.edu/operator/upload/s_tb_045874_chapter3.pdf">a-research.upi.edu/operator/upload/s_tb_045874_chapter3.pdf</a> <div><div>0.1%</div>16 matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[103]	 <a href="https://memberfiles.freewebs.com/40/81/8...,SPLIT,MIX,SEGAR.doc">https://memberfiles.freewebs.com/40/81/8...,SPLIT,MIX,SEGAR.doc</a> <div><div>0.2%</div>21 matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[104]	 <a href="fanysurya.blogspot.com/2016/11/dalam-praktikum-pekan-pertama-ini.html">fanysurya.blogspot.com/2016/11/dalam-praktikum-pekan-pertama-ini.html</a> <div><div>0.2%</div>14 matches</div> <div>⊕ 1 documents with identical matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[106]	 <a href="jualbuisbeton.com/analisis-specific-gravity-agregat-halus/">jualbuisbeton.com/analisis-specific-gravity-agregat-halus/</a> <div><div>0.5%</div>15 matches</div>
<input checked="" type="checkbox"/>	[107]	 "Pratama_Marcelino_mahardika_ANALIS...ot; dated 2018-08-29 <div><div>0.2%</div>17 matches</div>

### Submission information

Last name: *hidayat*

First name: *Sutanto*

Paper title: *kajian faktor angka konversi kekuatan beton*

File: *draf Kajian pengaruh penambahan betonite.docx*

**92 pages, 12715 words**

**PlagLevel: 11.8% selected / 29.2% overall**

425 matches from 108 sources, of which 106 are online sources.

### Settings

Data policy: *Compare with web sources, Check against my documents in the organization repository, Check against organization repository, Check against the Plagiarism Prevention Pool*

Sensitivity: *High*

Bibliography: *Consider text*

Citation detection: *Reduce PlagLevel*

Whitelist: *--*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Laju penguasaan dan pengembangan sumberdaya di Indonesia semakin dapat dirasakan, baik sumberdaya manusia (Human Resources) maupun sumberdaya alam (Natural Resources). Hal ini dapat dilihat dengan adanya kemajuan-kemajuan dari penerapan penguasaan teknologi pada bidang-bidang pembangunan, baik fisik maupun non-fisik. Penerapan dan penguasaan teknologi sipil dalam pembangunan fisik merupakan salah satu prioritas yang secara implikatif akan melengkapi perwujudan dan hasil-hasil pembangunan secara global.

Sebagaimana diketahui bahwa bagian dari ilmu-ilmu sipil diantaranya yakni: Struktur (Konstruksi), Transportasi, dan Manajemen Konstruksi. Konstruksi (dalam arti teknologi keilmuannya) merupakan elemen penting dalam masing-masing bagian dari ketiga sub ilmu sipil tersebut. Dimana para konstruktor berlomba-lomba meneliti, mengembangkan, menguasai, dan menerapkan teknologi (baru) yang sebelumnya pernah ada.

Tingkat kemajuan pengembangan dan peningkatan teknologi konstruksi ini setara dan selaras dengan semakin selektifnya penggunaan bahan-bahan yang bermutu pada proyek-proyek konstruksi tersebut.<sup>[85]</sup> Beton merupakan salah satu komponen dasar yang mempunyai prioritas penggunaan dalam konstruksi yang perlu penanganan dan pengawasan secara teliti, dimana bahan-bahan pengisinya (filler) sangat menentukan mutu beton yang baik dan khas. Karena baik buruknya mutu beton tergantung pada optimalisasi dan korelasi dari sifat-sifat beton.<sup>[31]</sup> Dengan kata lain, ambang batas dari masing-masing sifat beton yang berpengaruh berada pada kondisi aman.<sup>[28]</sup> Oleh sebab itulah secara aplikatif bahan campuran

beton mempunyai standard mutu berdasarkan peraturan-peraturan yang disyaratkan, khususnya sesuai dengan kondisi proyek.

Hal yang mendasari atas pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi (filler) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (workability) serta beton mempunyai keawetan (durability) dan kekuatan (strength) dan lain-lain yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat-sifat yang dimiliki beton itulah yang menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

<sup>[21]</sup> Bentonite merupakan salah satu mineral hasil pelapukan batuan silikat yang memiliki sifat plastisitas dan koloid tinggi dengan kandungan utamanya adalah monmorilonit. <sup>[31]</sup> Dengan sifat plastis dan koloidal yang tinggi, secara fisis bentonite dapat diasumsikan sebagai salah satu bahan yang dapat meningkatkan plastisitas juga akan membantu sem.en dalam pengikatan filler beton.

Sifat dari bahan tambahan berbeda-beda dan sangat spesifik, maka dalam pemakaiannya harus mempertimbangkan kemungkinan perlakuan <sup>[10]</sup> bahan tambahan tersebut terhadap campuran beton. <sup>[85]</sup> Kesalahan pemilihan pemakaian bahan tambahan akan mengakibatkan mininya pencapaian tujuan yang diharapkan dan bahkan akan merusak sifat-sifat beton secara fungsi konstruksi. Oleh karena itu perlu dilakukan percobaan untuk meyakinkan bahwa bahan tambahan yang dipakai akan memperbaiki dan atau merubah sifat-sifat beton dengan tujuan tertentu dalam suatu konstruksi tertentu.

Pada prosesnya, perencanaan perbandingan campuran beton menjadi dasar penentuan untuk dapat memenuhi standard yang diharapkan, baik kuat tekan beton, tingkat ekonomis, kemudahan dalam pelaksanaan maupun sasaran kegunaan dari beton tersebut. Dengan berbagai pertimbangan itulah upaya untuk sejauh mungkin mengadakan penelitian mengenai teknologi beton sangat diperlukan

guna mendapatkan limit ataupun angka-angka yang optimal secara statistik dari sifat-sifat beton.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Kesesuaian pemilihan bahan-bahan penyusun beton perlu dicermati untuk kemudian dicampur dan digunakan sedemikian rupa sehingga menghasilkan beton dengan sifat-sifat tertentu untuk tujuan yang diinginkan.<sup>[24]</sup> Salah satu cara untuk memperbaiki sifat-sifat campuran beton adalah dengan menggunakan bahan-bahan tambahan (admixture).<sup>[28]</sup> Manfaat dari bahan ini perlu dibuktikan di laboratorium dengan memakai jenis semen dan agregat yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan beton.<sup>[53]</sup> Bahan tambahan tersebut dapat digunakan dalam campuran beton selama mixing dalam jumlah tertentu untuk merubah ataupun memperbaiki beberapa sifat beton.<sup>[10]</sup> Yang mana bahan penatrtbah tersebut dapat berfungsi mempercepat pengerasan (acceierator), bahan untuk memperlambat pengerasan (retarder), untutk mereduksi air (plasticizer), ataupun bahan yang bersifat pozzaolanik yang bereaksi bebas dengan kapur ikat bebas yang dilepaskan oleh semen pada waktu hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada suhu kamar.

Dengan demikian perl.u dilakukan penelitian untuk membuktikan bahan tambahan yang dipakai betul-betul mempunyai sifat yang bermutu tanpa mengurangi sifat-sifat beton.

### 1.3 Perumusan Masalah

Karakteristik dari beton harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan mutu yang dituntut untuk suatu tujuan konstruksi tertentu.<sup>[23]</sup> Pendekatan praktis yang paling baik untuk mengusahakan kesempumaan setnua sifat-sifat beton akan



menimbulkan masalah pada segi ekonomis atau sekurang-kurangnya dengan usaha tersebut akan menambah biaya operasional.

<sup>[31]</sup> Sebagaimana diketahui, bahwa yang paling penting dalam konstruksi adalah dapat memenuhi harapan semaksimal mungkin, dengan tetap mengikuti variasi sifat-sifat beton dan tidak hanya terpancang pada satu pandangan saja, misalnya kuat tekan yang harus selalu tinggi. <sup>[23]</sup> Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, inilah yang menyebabkan beton bersifat getas (mudah patah). <sup>[37]</sup> Nilai kuat tariknya berkisar 9%-15% saja dari kuat tekannya. <sup>[31]</sup> Walaupun usaha dalam mencapai kuat tekan yang tinggi tetap diperhatikan, acuan perbandingan kuat tekan kubus atau silinder beton sebagai benda uji mencerminkan usaha untuk tetap mempertahankan mutu standar yang seragam dalam kenyataannya biasa dikerjakan demikian.

<sup>[45]</sup> Penelitian ini hakekatnya merupakan pengembangan penggunaan beton dalam sub teknologi beton yaitu bagaimana memperbaiki sifat getas beton dengan memcampurkan beton plastis dalam arti beton yang tidak terlalu getas.

Dengan demikian, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti sebagai berikut

- a. Adakah pengaruh pemakaian variasi dosis bentonite pada campuran beton terhadap kuat tekan, kuat tarik lentur, modulus elastisitas, kadar udara dan faktor kepadatan.
- b. Sejauh mana pengaruh penambahan variasi dosis bentonite pada campuran beton terhadap kuat tekan, kuat tarik lentur, modulus elastisitas, kadar udara dan faktor kepadatannya.
- c. Berapakah prosentase komposisi perbandingan campuran dengan penambahan variasi dosis bentonite yang optimum dalam campuran dengan masing-masing perlakuan antara 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14% sehingga didapatkan mutu serta sifat beton yang diinginkan.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Secara singkat penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan bentonite terhadap sifat-sifat beton, khususnya terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas dan bertujuan untuk mengetahui optimalisasi penambahan bentonite terhadap campuran beton, dengan mempertimbangkan sifat-sifat beton.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian Bentonite sebagai bahan tambahan pada campuran beton secara langsung maupun tidak langsung akan memberikan dampak positif dalam arti memberi manfaat dari berbagai kepentingan diantaranya;

*a. Bagi Para Praktisi (Pelaksana Konstruksi)*

Hasil penelitian ini sekurang-kurangnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan, jika ditemukan permasalahan-permasalahan yang identik dengan penelitian ini dan sesuai dengan keadaan lokasi, fungsi dan manfaat konstruksi, sehingga kebijaksanaan yang diambil akan lebih optimal.

*b. Bagi Pengadaan Bahan Bangunan*

Walaupun pada dasarnya bentonite sendiri telah diproduksi, tetapi frekwensi penggunaannya dalam pengembangan teknologi beton masih kecil dikarenakan belum ada suatu informasi mengenai proporsi bentonite terhadap campuran beton. Maka perencanaan maupun produksi beton plastis (dengan penggunaan bentonite) serta bahan-bahan penyusunnya akan memberikan alternatif dalam pemakaian konstruksi secara khusus.

*c. Bagi Peneliti Lain*

Setelah ditentukan optimal-konsistensi campuran beton plastis dengan bentonite sebagai bahan tambahan akan timbul

perrnasalahan yang kompleks. Termasuk kesesuaiannya terhadap sifat-sifat beton lainnya diluar batasan masalah yang telah diteliti. Sehingga menimbulkan inspirasi bagi peneliti lain untuk menyelidiki kebenaran hasil yang pada gilirannya akan berupaya mengembangkannya dalam sebuah karya penelitian yang lebih lengkap.

## 1.6 Hipotesis Penelitian

Kekuatan beton sangat ditentukan oleh material yang digunakan dan juga kadar semen yang terkandung didalamnya. Namun dari itu untuk memberikan bahan tambahan pada betOn sangatiiah dibutuhkan pemeriksaan dan percobaan terhadap bahan yang digunakan. Dalam perencanaan beton piastis (plastic concrete) dengan material tambahan bentonite, beton-bentonite yang terbentuk mempunyai kekuatan tekan yang masih tinggi dan dimungkinkan lebih mempunyai kemudahan dalam pekerjaan (workability).

Bentonite merupakan salah satu mineral hasii pelapukan batuan silikat yang memiliki sifat plastisitas dan koloid tinggi dengan kandungan utamanya adalah monmorilonit. Dengan sifat plastis yang dimiliki bentonite, dapat dipastikan akan metnbantu dalam perencanaan plastic concrete. Dari proses pembentukannya (yaitu : pelapukan batuan silikat) dimungkinkan tidak akan merusak sifat-sifat beton secara global, sebaliknya secara korelasi-statistik akan memperbaiki sifat-sifat beton tertentu.

Dari uraian tersebut maka hipotesis yang dapat diambil sebagai berikut : "Penambahan variasi dosis bentonite pada campuran beton (beton-bentonite) berpengaruh terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik lentur, modulus elastisitas, kadar udara dan faktor kepadatan". Hipotesis tersebut dapat disajikan sebagai berikut :

$$H_o : \mu_1 = \mu_2 = \mu_n$$

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_n$

Sedangkan hipotesis statistiknya:

Dimana :

$H_a: \mu_A \neq \mu_B \neq \mu_C \neq \mu_D \neq \mu_E \neq \mu_F \neq \mu_G \neq \mu_H \neq$

A : Beton tanpa ta.mbahan bentonite ( beton normal)

B : Beton dengan tambahan bentonite 2 %

C : Beton dengan tambahan bentonite 4 %

D : Beton dengan tambahan bentonite 6 %

E : Beton dengan tambahan bentonite 8 %

F : Beton dengan tam.bahan bentonite 10 %

G : Beton dengan tambahan bentonite 12 %

H : Beton dengan tarnbahan bentonite 14 %

### 1.7 Pembatasan Masalah

Untuk membatasi subyek penelitian dan memberikan langkah-langkah sistematis serta mengatasi kesimpangsiuran pemakaian, maka perlu dibatasi pada sebagai berikut :

1. Pembuatan benda uji dibuat,dengan ukuran:
  - Silinder kecil,  $d = 10$  cm dan  $t = 20$  cm
  - Silinder besar,  $d = 15$  cm dan  $t = 30$  cm
  - Balok,  $p = 60$  cm,  $l = 15$  cm dan  $t = 15$  cm
2. Prosentase penggunaan material baik agregat kasar dan agregat halus dibuat sama ; sedangkan yang membedakan hanya proporsi semen dan bahan tambahan (bentonite) serta kebutuhan air sesuai pendekatan konsistensi.
3. Campuran beton yang dipakai untuk kelompok pembanding adalah campuran nominal semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah) dengan mutu beton standart.

4. Bentonite diambil dari PT. Madu Lingga Perkasa, Kesamben Wetan Driyorejo Gresik, produksi semen diambil dari PT. Semen Gresik dengan mutu semen Type I, bahan-bahan lainnya diambil disekitar Malang.
5. Jenis bahan tambahan terbatas pada bentonite.
6. Unsur-unsur reaksi kimia terhadap material lain dengan adanya penambahan bentonite tidak diamati.
7. Variasi penambahan bentonite dengan perbandingan 0 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10 %, 12 %, 14 %, (terhadap berat semen).
8. Jumlah benda uji adalah 144 buah beton.
9. Jenis pembebanan adalah secara kontinyu sampai tekanan hancur silinder beton tercapai.
10. Waktu uji terbatas pada umur beton 28 hari, yang seterusnya secara korelasi-statistik menghasilkan optimalisasi campuran beton dengan adanya penambahan bentonite.
11. Penelitian ini hanya membahas pengaruh prosentase penambahan bentonite pada campuran beton terhadap sifat mekanis beton

## BAB II

### KAJIAN TEORI

#### 2.1. Terminologi Beton

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan bahan secukupnya perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung.

<sup>[37]</sup> Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. <sup>[45]</sup> Nilai kekuatan serta daya tahan (durability) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya.

#### 2.2. Bahan-bahan Campuran Beton

##### 2.2.1. Semen Portland

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982).

<sup>[91]</sup> Dengan jenis semen tersebut diperlukan air guna berlangsungnya reaksi kimiawi pada proses hidrasi. <sup>[91]</sup> Pada proses hidrasi semen mengeras dan mengikat bahan susunan beton membentuk massa padat.

<sup>[45]</sup> Susunan unsur semen adalah kapur ( $\text{CaO}$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnesia ( $\text{MgO}$ ), sulfur ( $\text{SO}_3$ ), dan bahan lain dalam jumlah kecil.

### 2.2.2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika.<sup>[75]</sup> Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100,<sup>[75]</sup> bahan-bahan lain yang merusak beton.

### 2.2.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimrawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya.<sup>[52]</sup> Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton.<sup>[52]</sup> Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya yang tercema garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat mempengaruhi kekuatan beton, secara tidak langsung akan mengubah sifat-sifat semen.

<sup>[45]</sup> Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai sehingga beton menjadi porous dan kekuatan beton akan rendah, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai, sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan berkurang kekuatannya.

Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

#### 2.2.4. Agregat Kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi 1/4 inc (6mm)<sup>[52]</sup>. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap cuaca, dan efek-efek perusak lainnya agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen.

Jenis agregat kasar pada umumnya adalah batu pecah alami, kerikil alami, agregat buatan, agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat.

#### 2.2.5. Bentonite Sebagai Bahan Tambahan

Bentonite merupakan material dari hasil pelapukan batuan silika yang mempunyai sifat plastis dan koloidal tinggi, dengan kandungan utamanya montmorilonit. Di dalam penyusun utama bentonite dan montmorilonit, terdapat substitusi isoformis pada lapisan oktahedral alumina antara aluminium ( $Al^{3+}$ ) dengan magnesium ( $Mg^{2+}$ ) atau besi ( $Fe^{3+}$ ). Sedangkan pada lapisan tetrahedral silika dapat terjadi substitusi isoformis antara silikon ( $Si^{4+}$ ) dengan aluminium ( $Al^{3+}$ ). Hasil substitusi ini mengakibatkan muatan negatif pada lapisan montmorilonit yang dapat disetarakan dengan adsorpsi kation pada permukaan antara kedua lapisan montmorilonit tersebut.



Tabel 2. 1 Hasil Analisis Kimia Bentonite

OKSIDA	KANDUNGAN (%)	
	A	B
SiO <sub>2</sub>	48,23	47,21
Al <sub>2</sub> O	16,19	16,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,13	12,84
CaO	1,96	1,84
MgO	2,77	2,84
Na <sub>2</sub> O	2,44	2,56
K <sub>2</sub> O	0,27	0,28
MnO	0,12	0,13
TiO <sub>2</sub>	1,01	1,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,42	0,52
H <sub>2</sub> O	6,18	6,13
HD	8,23	8,17

### 2.3. Proses Pembuatan Beton

Pada pelaksanaan pembetonan dan semua material serta peralatan penunjang harus ada di laboratorium, yaitu meliputi:

#### 2.3.1. Pengadaan Bahan

##### a. Agregat:

Agregat halus maupun kasar harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Lokasi penimbunan agregat harus sedekat mungkin dengan tempat pengadukan, ditimbun di tempat pengerjaan sedemikian rupa sehingga pencemaran oleh bahan-bahan lain lumpur dan pencampuran dengan bahan satu sama lain tidak terjadi.<sup>[34]</sup> Agregat kasar dan halus ditimbun secara terpisah sesuai ukuran butir masing-masing.

b. Semen:

Lokasi penyimpanan semen harus sedekat mungkin dengan tempat pengadukan, semen harus disimpan di ruangan yang kering dan tertutup rapat.<sup>[75]</sup> Penumpukan semen minimum dengan jarak setinggi 0,5 meter dari ruangan, tidak menempel dinding ruangan dan maksimum 10 zak.

c. Air:

Tempat penyimpanan air harus sedekat mungkin dengan tempat pengadukan.<sup>[73]</sup> Air yang digunakan untuk campuran beton harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Agar air memenuhi persyaratan yang diijinkan maka air diperiksa pada Lembaga Pemeriksa Bahan-Bahan yang diakui.<sup>[73]</sup> Bila hal tersebut tidak dapat dilaksanakan dapat ditempuh dengan cara lain yaitu menggunakan air dari sumber air minum (PDAM).

d. Bahan tambahan

Penyimpanan bahan tambahan harus terlindung dari pengaruh cuaca dan pencemaran lingkungan.

### 2.3.2. Pengadaan Alat

Peralatan yang digunakan:

- Alat pencampur mekanis / molen
  - Alat pengendalian mutu, antara lain slump cone
  - Alat uji tekan, tarik lentur, air content dan faktor kepadatan
- Alat penunjang: takaran, gelas ukur, sekop, cangkul, cetakan/bekisting

### 2.3.3. Pelaksanaan Pembetonan

a. Penakaran

Penakaran pekerjaan beton berdasarkan berat memerlukan ketelitian penimbangan sesuai spesifik: semen, agregat, air, bahan tambahan serta pemeriksaan periodik ketepatan timbangan / kalibrasi.

#### b. Pengadukan

Pengadukan harus dilakukan dengan alat pengaduk mekanis kecuali keadaan darurat.<sup>[47]</sup> Selama pengadukan berlangsung kekentalan adukan beton harus diawasi terus-menerus oleh tenaga pengawas yang ahli dengan jalan memeriksa slump setiap campuran beton yang baru.

#### c. Penuangan dan Pengecoran

Penuangan dan pengecoran perlu mendapat perhatian sebab kesalahan penuangan akan menimbulkan pemisahan agregat kasar terhadap yang halus, sehingga homogenitas beton berkurang.

<sup>[47]</sup> Selain penuangan dan pengecoran, pemadatan juga mempengaruhi mutu beton.<sup>[47]</sup> Tujuan pemadatan atau penggetaran adalah untuk menghilangkan rongga / ruang udara dari dalam spesi beton hingga kepadatan beton tercapai, sehingga beton yang dihasilkan mempunyai kekuatan tinggi dan mempunyai kedap air.<sup>[47]</sup> Proses pencetakan benda uji dilakukan sebagai berikut:

<sup>[38]</sup> Cetakan ditempatkan di atas permukaan yang datar dan keras, bebas dari getaran.<sup>[38]</sup> Beton diisi secara berlapis tergantung dari metode pemadatan yang digunakan.<sup>[38]</sup> Bila penurunan slump lebih dari 75 mm beton dikuatkan dengan cara dirojak dan bila penurunan kurang dari 25 mm, beton dikuatkan dengan getaran yaitu memakai vibrator.<sup>[38]</sup> Pada slump antara 25-75 mm benda uji bisa dikuatkan dengan salah satu metode tersebut.<sup>[38]</sup> Alasan mengenai metode pemilihan tersebut adalah bahwa silinder yang kurang pemadatannya akan kekuatan yang lebih rendah.

Bila benda uji dirojok sebaiknya diisi dengan 3 lapisan. Tiap diberi 25 rojokan, dengan perojaok terbuat dari tongkat baja dengan pangkal dan ujung bundar. Untuk lapisan yang ditempatkan lebih diatas sebaiknya dirojok kurang 25 mm dari lempengan di bawahnya. Sesudah pemadatan dilakukan, permukaan atas diselesaikan melalui pencetakan dengan meratakan permukaan cetakan menggunakan cetok.

## 2.4. Pengujian Beton

### 2.4.1. Pengujian Knat Tekan

Sebelum benda uji inemasuki tahap pengujian, salah satu persyaratan utamanya adalah permukaan benda uji harus dalam keadaan rata karena permukaan benda uji yang tidak rata atau tidak segaris, mengakibatkan kekuatan beton yang ditampilkan akan berkurang.<sup>[21]</sup> Cara untuk meratakan benda uji adalah dengan menggosoknya, ini akan memuaskan tapi akan memakan biaya dan membutuhkan waktu. Suatu cara yang digunakan secara tunum adalah dengan menutup ujung stlinder dengan bahan yang cocok. Ada 2 bahan yang dapat digtmakan.<sup>[38]</sup> Sebuah lapisan tipis yang terbuat dari campuran pekat yang menjadikannya kaku / keras dan bahan mortar yang mengandung belerang.

<sup>[38]</sup> Setelah benda uji ditutup ujungnya pengujian bisa dilakukan melalui mesin uji yang tepat.<sup>[38]</sup> Dua blok pelat terbuat dari baja penahan, sebuah blok padat yang kuat digunakan sebagai alas model yang ditempatkan di atasnya dan sebuah lagi berupa lempengan berbentuk lingkaran sebagai penahan bagian atas.<sup>[38]</sup> Karena kekuatan tergantung pada perbandingan muatan, maka model dtberi beban dengan perbandingan yang terkontrol antara 0,15 hingga 0,34 MPa /detik yang berlaku untuk mesin hidrolis atau pada perbandingan kecepatan deformasi 1,3 mm yang berlaku untuk mesin mekanis, hingga beban jatuh yang berarti bahwa hingga batas maksimum

muatan benda uji dapat dipikul.<sup>[38]</sup> Beban maksimal dan jenis kehancuran dicatat.

#### 2.4.2. Pengujian Elastisitas

Seperti yang kita ketahui kurva tegangan regangan pada beton tidak linier. Namun untuk menghitung kekuatan dan lendutan yang diharapkan dari struktur, perlu kiranya memperkirakan modulus elastisitas. Benda uji silinder standar dengan strain gauge yang dilekatkan, pertama-tama dibebani lalu beban dilepas, tujuannya supaya strain gauge posisinya baik, lalu dibebani tekanan secara perlahan-lahan dan lengkung tegangan regangan didapat.

#### 2.4.3. Pengujian Kuat Tarik Lentur

Cara lain menaksir kekuatan beton adalah dengan cara tes lentur.<sup>[23]</sup> Benda uji berupa balok beton dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm. Benda uji ini diuji pada sisi-sisinya dengan memperhatikan posisinya ketika dicetak.<sup>[73]</sup> Benda uji harus memiliki permukaan yang halus, datar dan sejajar bagi beban muatan.

#### 2.4.4. Compaction Test Faktor

Pengujian faktor pemadatan dirancang untuk mengukur derajat kepadatan yang diperoleh dari sejumlah pekerjaan standar tertentu terhadap beton, dan oleh karenanya mendukung hubungan yang erat dengan workabilitas.

<sup>[2]</sup> Di dalam penyelenggaraan pengujian ini bagian hopper paling atas diisi beton sampai penuh yang kemudian turun ke hopper bawah dan masuk ke wadah silinder.<sup>[2]</sup> Kelebihan beton dipotong.<sup>[2]</sup> Compaction faktor didefinisikan sebagai rasio beton silinder dan beton yang sama dalam silinder yang telah dipadatkan.

Gambar 2. 1 Alat Compacting Faktor

#### 2.4.5. Pengujian Kadar Udara

Beton dapat mengandung udara, terdapat dua tipe udara yaitu udara yang masuk dalam beton (entrained air) dan udara yang terjebak dalam beton (entrapped air). Ada tiga prinsip test yang digunakan untuk mengukur udara total dari beton: metode gravimetik, volmetrik dan tekanan.

Untuk metode gravimetik adalah membandingkan berat unit dari beton mengandung udara dengan berat unit beton yang tidak mengandung udara, yang dihitung dari proporsi dan spesifik gravity dari unsur-unsur pembentuk beton. Untuk metode volumetrik didasarkan atas perbandingan volume beton segar yang berisi udara

dengan volume beton yang sama setelah udara dikeluarkan dengan menggerak-gerakan beton di dalam air. Sedangkan untuk metode tekanan mempunyai dasar yaitu untuk mengukur perubahan volume beton, bila diberi tekanan, perubahan volume ini diasumsikan karena masuknya tekanan udara dan prinsip hukum Boyle dapat digunakan untuk menghitung kadar udara.

## 2.5. Pengaruh Tambahan Bentonite Terhadap Perilaku Mekanis Beton

Seperti dalam pembahasan terdahulu, kandungan mineral yang mendominasi bentonite adalah montmorillonit, dimana montmorillonit terdapat dalam habitat massa tanah dan secara fisik berbentuk kristal sukar dilihat (dibedakan). Mempunyai kekerasan antara 2-2,5 dan berat jenis antara 2-2,7 akan menurun dengan kadar air. Dengan sifat plastis dan koloidal tinggi, bentonite akan cenderung membentuk beton yang plastis dan kohesif, dimana mempunyai kecenderungan mereduksi air dan sifat-sifat yang akan diteliti.

## 2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian dengan judul "Pengaruh Penambahan Bentonit Pada Campuran Beton Terhadap Modulus Elastisitas" oleh Bambang Heru Mutoko dan Imam Damami, Universitas Muhammadiyah Malang menggunakan benda uji silinder dengan ukuran  $t = 30$  cm dan  $d = 15$  cm. Variasi penambahan bentonit dengan perbandingan 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% terhadap berat semen. Kesimpulan dari hasil penelitian tersebut adalah:

1. Ikatan awal beton-bentonit lebih besar dibanding beton normal, semakin besar % penambahan bentonit dalam campuran beton semakin besar ikatan awalnya.
2. Kebutuhan air beton-bentonit lebih besar dari beton normal.

3. <sup>[ 2 ]</sup> Berdasarkan hipotesa yang diambil pengaruh penambahan bentonit terhadap modulus elastisitas,  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$ , hipotesa nol ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan bentonit berpengaruh terhadap modulus elastisitas.
4. Tegangan hancur rata-rata beton normal lebih kecil dari tegangan hancur rata-rata beton-bentonite dengan nilai 15,6546 Mpa untuk beton normal dan 16,0227 Mpa untuk beton-bentonite dengan penambahan 10% bentonite.
5. Modulus Elastisitas beton normal mempunyai nilai  $0,64651 \cdot 10^4$  Mpa, sedangkan nilai modulus elastisitas beton-bentonite dengan penambahan 10% adalah  $0,67561 \cdot 10^4$  Mpa.

Pada penelitian yang lain dengan judul "Uji Scanning Electron Microscope Pada Material Standart Lempung Bentonite" oleh Dr.Ir. Budi Susilo S dan Ir. D Pradi Kusuma (Vasthu edisi VI 1996) telah menyimpulkan hasil penelitiannya yaitu:

1. Pengaruh penambahan bahan stabilitas Borrespere CA sesuai dengan prosentase yang diberikan ke dalam tanah akan menyebabkan batas cair (WL) menjadi turun batas plastis (Wp) naik sehingga menyebabkan turunnya indeks plastisitas ( $I_p$ ).
2. Pengaruh kepada karakteristik pemadatan dimana kerapatan kering maksimum menjadi naik.
3. Semakin besar kadar Borrespere CA semakin tinggi nilai CBR dan kuat tekan bebas, begitu pula dengan masa peram (curing), semakin lama masa peram semakin tinggi nilai CBR dan kuat tekan bebas.
4. Untuk swelling, semakin besar kadar Borrespere CA semakin kecil nilai swelling yang didapat.
5. Berdasarkan penelitian secara mikroskopis dapat diketahui bahwa tidak terdapat perubahan unsur secara kirniawi, yang



ada hanya perubahan fasa dimana kandungan unsur tetap serta ikatan antar molekul semakin kuat dan kristalisasi semakin tinggi.

6. Penambahan Borrespere CA akan mengakibatkan reaksi pengumpulan butiran dan ini akan mengakibatkan berkurangnya luas permukaan spesifik dari tanah yang telah dicampur oleh Borrespere CA sehingga dapat mengurangi penyebaran serta mengabsorpsi air pada lapisan tanah dan ruang pori antar butiran menjadi semakin kecil.

7. <sup>[ 4 3 ]</sup> Pada kondisi Bentonite + 4% Borrespere CA banyak terlihat pori-pori sudah mulai terisi oleh Borrespere CA dimana dalam hal ini supaya mampu menahan air yang masuk, sedangkan pada kondisi Bentonite + 8% Borrespere CA sudah mulai menutup beberapa rongga dan beberapa yang masih terlapisi, dalam hal ini memungkinkan untuk mengurangi daya kembang dan menjadikan ikatan antar molekul semakin kuat sehingga butiran semakin besar dan specific surface area menjadi kecil.

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

##### 3.1. Rancangan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.

##### 3.2. Metode Penelitian

- a. Studi Pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan antara variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian.
- b. Studi Eksperimen, dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Data tersebut dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

##### 3.3. Populasi dan Sampel

Benda uji secara keseluruhan dapat disebut populasi. Benda uji yang mewakili sebagian dari anggota populasi disebut sampel.

Populasi benda uji pada penelitian ini dibagi menjadi 8 kelompok yaitu:

1. Kelompok A: Kelompok benda uji normal, yaitu kelompok tanpa perlakuan.
2. Kelompok B: Kelompok benda uji dengan perlakuan bahan tambahan bentonite 2%.
3. Kelompok C: Kelompok benda uji dengan perlakuan bahan tambahan bentonite 4%.
4. Kelompok D: Kelompok benda uji dengan perlakuan bahan tambahan bentonite 6%.

5. Kelompok E: Kelompok benda uji dengan perlakuan bahan tambahan bentonite 8%.
6. Kelompok F: Kelompok benda uji dengan perlakuan bahan tambahan bentonite 10%.
7. Kelompok G: Kelompok benda uji dengan perlakuan bahan tambahan bentonite 12%.
8. Kelompok H: Kelompok benda uji dengan perlakuan bahan tambahan bentonite 14%.

Masing-masing kelompok terdiri 18 buah sampel. Untuk benda uji tekan 15 buah sampel dan untuk benda uji tarik lentur 3 buah sampel.

### 3.4. Instrumen Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Mistar perata.
3. Sekop.
4. Seperangkat saringan.
5. Oven dengan suhu 110° C.
6. Gelas ukur 100 ml.
7. Molen dengan kapasitas 0,05 m<sup>3</sup>.
8. Picnometer 200 ml.
9. Talam Logam.
10. Peralatan Slump.
11. Cetakan uji silinder ukuran 10 cm x 20 cm dan 15 cm x 30 cm.
12. Cetakan balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.
13. Mesin uji tekan dengan kapasitas 2000 KN.
14. Mesin uji tarik lentur.
15. Sikat baja halus.
16. Bak perendaman Moist Curing.
17. Dan alat-alat pendukung lainnya.

### 3.5. Bahan-bahan Yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Semen : Produksi dari PT. Semen Gresik (Persero) Type 1.
- b. Agregat halus : Pasir dari Semeru.
- c. Agregat kasar : Kademungan Purwosari, Pasuruan.
- d. Bentonite : Penghalusan dari PT. Madu Lin.gga Perkasa, Gresik.
- e. Air : PDAM Kotamadya Malang

### 3.6. Teknik Analisis dan Perhitungan

- a. Untuk menghitung kekuatan tekan beton didasarkan pada rumus:

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dimana:

$f_c'$  = Tegangan Hancur (MPa)

$P$  = Tekanan Hancur (N)

$A$  = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Rata-rata tegangan hancur ( $f'_{cr}$ ):

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^N f'_c}{n}$$

Simpangan deviasi (S):

$$s = \frac{\sum_{i=1}^N (f'_c - f'_{cr})^2}{(n-1)}$$

$S = s - fp$

Dimana

S = Standart deviasi (N/mm<sup>2</sup>)

fp = Faktor pengali (tabel 4.3.1.2. PB 89)

Tabel 3. 1 Faktor pengali untuk deviasi standar (PB 89)

Jumlah Pengujian	Fakter Pengali
15	Pasal 4.3.1.2
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30	1,00

$$f'_{ck} = f'_{cr} + 1,64 S \text{ atau } f'_{ck} = f'_{cr} + 2,64 S - 4$$

b. Untuk menghitung modulus elastisitas:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,000050}$$

Dimana :

Ec = Modulus Elastisitas

s<sub>2</sub> = 40 % tegangan ultimate

s<sub>1</sub> = tegangan pada regangan sebesar 0,00005

ε<sub>2</sub> = regangan akibat tegangan s<sub>2</sub>

c. Untuk menghitung kuat tarik lentur:

Gambar 3. 1 Alat Uji Kuat Tarik Lentur

$$f_r = \frac{P.L}{b.d^2}$$

Dimana:

$f_r$  = Kuat tarik lentur (MPa)

$P$  = Jumlah beban maksimal yang diberikan (N)

$L$  = Panjang bentang (mm)

$b$  = Lebar benda uji (mm)

$d$  = Tinggi benda uji (mm)

Bila balok beton pecah diluar titik tersebut, ujung-ujungnya dihitung dengan jarak tak lebih dari 5% bentangan, maka perhitungan sebagai berikut :

$$f_r = \frac{3p.a}{b.d^2}$$

Dimana

a = Jarak tumpuan antara titik retak dan tumpuan terdekat

Gambar 3. 2 Alat Uji Kadar Udara

d. Menghitung kadar udara

Dengan menggunakan metode tekanan (Aman Subakti,1995) :

$$A = A_1 - A_2$$

$$A_1 = h_1 - h_2 \qquad A_2 = h_1 - h_2$$

Dimana:

A = Kadar Udara.

A<sub>1</sub> = Kadar Udara Nyata

A<sub>2</sub> = Kadar Udara Agregat

h<sub>1</sub> = Pembacaan saat diberi tekanan

h<sub>2</sub> = Pembacaan setelah diberi tekanan

e. Menghitung Combaction Factor ( Factor Kepadatan)

$$\text{Factor Kepadatan} = \left( \frac{W_p}{W_f} \right) \quad (\text{I.J Murdock, 1999})$$

Dimana:

$W_p$  = berat beton yang dipadatkan sebagian

$W_f$  = berat beton yang dipadatkan penuh



### Diagram Alir Proses Penelitian



Gambar 3. 3 Diagram alir Proses Penelitian

## BAB IV

### RANCANGAN PELAKSANAAN PENELITIAN

#### 4.1. Pengujian Bahan

Sebagian besar volume beton terdiri dari agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar.<sup>[28]</sup> Sifat dan jenis agregat mempengaruhi mutu beton antara lain sifat pengerjaannya, kekuatan keawetan, dan keekonomisan.<sup>[83]</sup> Oleh karena itu sebelum digunakan, agregat harus diuji.<sup>[2]</sup> Untuk semen dan air tidak dilakukan pengujian dalam hal ini, karena semen yang digunakan sudah memertuhi Standar Industri Indonesia dan air yang digunakan adalah air yang dapat diminum yang berasal dari PDAM Kota Malang.

<sup>[38]</sup> Pengujian agregat dilakukan sesuai dengan standar ASTM (American Society for Testing Material), dan dianalisis berdasarkan BS (British Standard).

##### 4.1.1 Agregat Halus

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Semeru yang banyak terdapat di pasaran khususnya kota Malang.

##### a. Analisis Saringan

Tujuan:

Menentukan pembagian butir (gradasi) agregat sehingga dapat ditentukan zone agregat yang digunakan.

Peralatan:

- Seperangkat saringan
- Timbangan
- Sikat kuningan, Talam, sendok

Bahan:

Benda uji (agregat) yang dikeringkan dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat menjadi tetap.

Cara kerja:

1. Pasir yang telah dikeringkan didalam oven selama 24 jam dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  dan didinginkan didalam talam.
2. Seperangkat saringan disusun dengan urutan diameternya, dimana diameter yang terbesar terletak paling atas.
3. Pasir setelah dingin dimasukan ke dalam saringan teratas, kemudian seperangkat saringan tersebut digetarkan dengan tangan atau mesin penggetar selama 15 menit.
4. Pasir yang tertinggal d.i dalam masing-masing saringan ditimbang dan dicatat serta presentase berat yang tertinggal.
5. Plotkan presentase berat pasir yang tertinggal pada masing-masing saringan pada grafik (kurva gradasi) untuk menentukan zone pasir.

Tabel 4. 1 Analisa Saringan Agregat Halus

Saringan	Berat tertahan (gram)	Persen tertahan (%)	Komulatif	
			Tertahan	Lewat
19.1 mm (3/4")				
9.60 mm (3/8')			0	100
4.75 mm (no.4)	22.26	4.452	4.452	95.548
2.36 mm (no.8)	51.34	10.268	14.72	85.28
1.18 mm (no.16)	122.14	24.428	39.148	60.852
0.6 mm (no.30)	190.08	38.016	77.164	22.836
0.3 mm (No.50)	87.44	17.488	94.652	5.348
0.15 mm (no.100)	25.64	5.122	99.774	0.226
0.075 mm (no.200)	1.06	0.212	99.986	0.014
PAN			100	0

Dari jumlah betar tertahan didapat berat contoh kering = 500 gram

Gambar 4. 1 Analisa Saringan Agregat Halus (Zone 1)

Gambar 4. 2 Analisa Saringan Agregat Halus (Zone 2)

Gambar 4. 3 Analisa Saringan Agregat Halus (Zone 3)

Gambar 4. 4 Analisa Saringan Agregat Halus (Zone 4)

b. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Tujuan:

Menentukan berat volume agregat halus yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material dengan volumenya

Peralatan :

- Timbangan
- Tabung yang memiliki berat dan volume tertentu

Bahan :

- Agregat

Cara kerja:

1. Tanpa penggoyangan

Takaran ditimbang beratnya, kemudian masukkan agregat halus hingga penuh dan ratakan permukaannya dengan mistar perata serta ditimbang beratnya.

2. Dengan penggoyangan

Takaran ditimbang beratnya, kemudian isilah takaran dengan agregat halus dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan penggoyangan hingga sampai pada lapis ketiga dan ratakan permukaannya dengan mistar perata serta timbang beratnya.

Rumus:

$$\text{- Berat volume agregat} = \frac{W_2 - W_1}{V} \text{ (kg /cm}^3 \text{ )}$$

Dimana:

<sup>[6]</sup>  $W_1$  = berat wadah (gram)

$W_2$  = berat wadah dan benda uji (gram)

$V$  = isi wadah (dm<sup>3</sup>)

Tabel 4.2 Data Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Lepas /gembur	I	II	III
A. Berat tempat+benda uji	8,006	7,212	7,180
B. Berat tetnpat	3,512	3,572	3,572
C. Berat benda uji	3,712	3,640	3,608
D. Berat isi tempat	3	3	3
E. Berat benda uji	1,237	1,213	1,203
F. Berat isi benda uji rata-rata		1,218	
Padat	I	II	III
A. Berat tempat+benda uji	7,878	7,900	7,912
B. Berat tetnpat	3,572	3,572	3,572
C. Berat benda uji	4,324	4,328	4,340
D. Berat isi tempat	3	3	3
E. Berat benda uji	1,441	1,443	1,447
F. Berat isi benda uji rata-rata		1,444	

Dari hasil analisis tersebut diatas di dapat besarnya berat volume agregat halus (Asli) :

- Lepas / gembur = 1,218
- Padat / goyangan = 1,444

c. Pemeriksaan Kadar Air Agregat (Wc)

Tujuan :

Menentukan kadar air agregat dalam keadaan sebenarnya di lapangan ( Asli ) dan dalam keadaan kering permukaan ( SSD ).

Peralatan :

- Cawan Mmuniun
- Timbangan
- Oven
- Kerucut logam kecil
- Alat perocok

Bahan :

- Agregat dalam keadaan sebenarnya di lapangan (Asli )
- Agregat dalam keadaan kering permukaan ( Saturated Surface Dry )

Cara kerja :

1. <sup>[ 2 2 ] ▶</sup> Timbangan berat talam (  $W_1$  )
2. <sup>[ 4 2 ] ▶</sup> Masukkan benda uji kedalam talam, kemudian berat talam + benda uji ditimbang ( $W_2$ )
3. <sup>[8] ▶</sup> Hitung berat benda uji  $W_3 = W_2 - W_1$
4. <sup>[ 4 2 ] ▶</sup> Keringkan contoh benda uji bersama talam dalam oven pada suhu (  $110 \pm 5 ^\circ\text{C}$  ) sehingga mencapai bobot tetap.
5. <sup>[ 1 2 ] ▶</sup> Setelah kering contoh ditimbang dan dicatat berat benda uji serta talam ( $W_4$ )
6. <sup>[ 2 ] ▶</sup> Hitung berat benda uji kering.

Rumus :

- Kadar Air agregat = 
$$\frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$$

Dimana :

<sup>[1] ▶</sup>  $W_3$  = berat contoh semula ( grarn )

$W_5$  = berat contoh kering ( gram )

Tabel 4. <sup>[21] ▶</sup> Kadar Air Agregat Halus

KADAR AIR AGREGAT HALUS	Asii				SSD	
Norner test	1	2	3	4	5	6
Berat tempat= A gr	15,22	14,55	13,96	141,11	14,25	15,23
Berat tempat + contoh= B gr.	75,85	76,87	76,04	56,48	53,31	55,55
Berat tempat + contoh kering Oven = C gr	70,95	72,55	71,60	55,82	<sup>[83] ▶</sup> 52,89	54,93
Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$	8,792	7,448	7,703	1,582	1,087	1,562
Kadar air rata-rata (%)	7,981				1 410	

Dari analisis tersebut didapat besarnya kadar air dari pasir sebagai berikut :



a. Dalam keadaan asli = 7,981 %

b. Dalam keadaan SSD adalah = 1,410 %

d. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Tujuan :

<sup>[76]</sup> Menentukan presentase kadar lumpur dalam pasir, sehingga dapat diketahui apakah pasir dapat langsung dipakai untuk membuat bahan adukan beton atau harus dicuci lebih dahulu sebelum dipakai.

Peralatan :

- Gelas Ukur
- Alat Pengaduk

Bahan :

Contoh pasir secukupnya dalam kondisi lapangan

Cara Kerja :

1. Contoh benda uji dimasukkan kedalam gelas ukur.
2. Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
3. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari
4. Gelas di simpan pada tempat yang datar selama 24 jam.
5. Ukur tinggi pasir  $V_1$  ) dan tinggi lumpur (  $V_2$  )

Gambar 4. 5 Kandungan Lumpur Pada Agregat Halus

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$$

Dimana

V2 = tinggi lumpur

V1 = tinggi pasir

e. Peineriksaan Bahan Organik Agregat Halus

Tujuan :

Menentukan adanya kandungan bahan organik dalarn pasir.  
Kadungan bahan organik yang berlebihan dapat mempengaruhi kualitas beton.

Peralatan :

- Gelas Ukur
- Standart warna
- Larutan NaOH ( 3% )

Bahan :

- Pasir dengan volume  $\pm 1/3$  volume gelas ukur

Cara kerja

1. Contoh benda uji dimasukan ke dalam botol.
2. Tambahkan senyawa NaOH 3%. Setelah dikocok, total volume menjadi kira-kira  $\frac{3}{4}$  botol.
3. Botol ditutup erat-erat dengan penutup, dan botol dikocok kembali. Diamkan selama 24 jam
4. Setelah 24 jam bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standart ( organic plate ) untuk menentukan kadar bahan organiknya.

Periksa warna larutan yang ada. Dari hasil warna larutan yang terjadi akan diketahui penurunan kekuatan tekan beton dengan standar warna sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Standar Warna Penurunan Kekuatan

Warna Larutan	Penurunan
Tak berwarna	0%
Kuning muda	10%-20%
Kuning tua	15%-30%
Kuning merah	25%-30%
Coklat merah	30%-50%
Coklat merah tua	50%-100%

Dari hasil analisis didapat warna kuning muda, berarti pasir tersebut dapat digunakan untuk campuran beton, karena hanya sedikit mengandung bahan organik.

#### f. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Tujuan : <sup>[33]</sup> ▶

Menentukan specific gravity dan penyerapan ( absorpsi ) dari agregat halus menurut prosedur ASTM C128.<sup>[1]</sup> Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton.

#### Peralatan

- 1.<sup>[ 5 ]</sup> ▶ Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram yang mempunyai kapasitas minimum sebesar 1000 gram.
2. Piknometer dengan kapasitas 500 gram.
- 3.<sup>[ 1 ]</sup> ▶ Cetakan kerucut pasir.
- 4.<sup>[ 1 ]</sup> ▶ Tongkat pemadat dari logam untuk cetakan kerucut pasir.

#### Bahan :

<sup>[1]</sup>▶ Berat contoh agregat halus disiapkan sebanyak 1000 gram.<sup>[1]</sup>▶ Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan.

#### Cara kerja :

- 1.<sup>[ 2 6 ]</sup> ▶ Agregat halus yang jenuh air di keringkan sampai diperoleh kondisi kering.
- 2.<sup>[ 1 ]</sup> ▶ Sebagian dari contoh dimasukkan pada metal sand cone mold.<sup>[1]</sup>▶ Benda uji padatkan dengan tongkat pemadat.<sup>[1]</sup>▶ Jumlah tumbukan adalah 25 kali.<sup>[1]</sup>▶ Kondisi SSD contoh diperoleh, jika cetakan diangkat, butiran-butiran pasir longsor/ runtuh.
- 3.<sup>[ 1 ]</sup> ▶ Contoh agregat halus seberat 500 gram dimasukkan kedalam piknometer.<sup>[1]</sup>▶ Isi piknometer dengan air sampai 90% penuh.<sup>[1]</sup>▶ Gelembung-gelembung udara dibebaskan dengan cara menggoyang-goyangkan piknometer.<sup>[1]</sup>▶ Timbang berat piknometer yang berisi contoh dan air
4. Pisah contoh benda uji dari piknometer<sup>[20]</sup> dan keringkan pada oven selama 24 jam.
- 5.<sup>[ 1 ]</sup> ▶ Timbang berat piknometer yang berisi air.

Perhitungan :

$$^{[53]} \text{Berat jenis (Bulk)} = \frac{Bk}{(B + 500 + Bt)}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{500}{(B + 500 + Bt)}$$

$$\text{Berat jenis semu (Apparent)} = \frac{Bk}{(B + Bk + Bt)}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\%$$

Dimana :

<sup>[2]</sup> Berat contoh kering permukaan jenuh (SSD)	500
Berat contoh kering oven	Bk
Berat piknometer di isi air pada 25°C	B
Berat piknometer + contoh (SSD) + air (25°C)	Bt

Tabel 4. 5 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

	A	B	Rata-rata
Berat contoh kering permukaan jenuh (SSD) 500	500	500	500
Berat contoh kering oven..Bk	481.45	490.67	486.86
Berat piknometer di isi air pada 25°C..B	631.1	638.37	630.735
Berat piknometer + contoh (SSD) + air (25°C)..Bt	945.50	944.82	945.16
Berat tabung	153.19	155.75	
$Bk$			
Berat jenis (Bulk) $(B + 500 + Bt)$	2.594	2.644	2.619
Berat jenis kering permukaan jenuh			
$\frac{500}{(B + 500 + Bt)}$	2.694	2.695	2.695
Berat jenis semu (Apparent)			
$\frac{Bk}{(B + Bk + Bt)}$	2.882	2.784	2.833
Penyerapan $\frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\%$	3.853	1.981	2.877

#### 4.1.2 Agregat kasar

Kerikil yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil sungai brantas dengan diameter 20 mm.

##### a. Analisis Saringan

Tujuan :

Menentukan pembagian butir ( gradasi ) agregat sehingga dapat ditentukan zone agregat yang digunakan.

Peralatan :

- Seperangkat saringan

- Timbangan
- Sikat kuning, Talam, Sendok

#### Bahan

Benda uji (agregat ) yang di keringkan dengan suhu ( $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) sampai berat menjadi tetap.

Cara kerja :

Sama dengan analisis saringan agregat halus yang berbeda hanya ukuran saringan.

Tabel 4. 6 Analisis Saringan Agregat Kasar

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Prosen tertahan (%)	Berat contoh kering :100gr Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lewat
76,2 mm (3")				
38,1 mm (1,5")			0	100
19,1 mm (3/4")	313.90	31.390	31.390	68.61
9,6 mm (3/8")	565.40	56.540	87.930	12.070
4,75 mm (No.4)	120.34	12.034	99.964	0.036

Gambar 4. 6 Analisa Saringan Agregat Kasar

Gambar 4. 7 Analisa Saringan Agregat Kasar



#### Gambar 4. 8 Analisis Saringan Agregat Kasar

##### b. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

###### Tujuan :

Menentukan berat volume agregat kasar yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

###### Peralatan

- Timbangan
- Tabung yang memiliki berat dan volume tertentu.

###### Bahan

- Agregat

###### Cara Kerja :

Sama dengan pemeriksaan berat volume agregat halus.

###### Rumus :

$$\text{- Berat Volume agregat} = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (\text{kg/m}^3)$$

Dimana :

W1 = berat wadah (gram)

W2 = berat wadah dan benda uji (gram)

V = isi wadah (dm<sup>3</sup>)

Tabel 4. 7 Berat Volume Agregat Kasar (Asli)

Lepas /gembur	I	II	III
A.Berat tempat+benda uji	8,006	7,938	8,084
B.Berat tetnpat	3,572	3,572	3,572
C.Berat benda uji	4,434	4,366	4,512
D.Berat isi tempat	3	3	3
E.Berat benda uji	1,478	1,455	1,504
F. Berat isi benda uji rata-rata		1,479	
Padat	I	II	III
A.Berat tempat+benda uji	8,438	8,290	8,238
B.Berat tetnpat	3,572	3,572	3,572
C.Berat benda uji	4,866	4,718	4,666
D.Berat isi tempat	3	3	3
E.Berat benda uji	1,622	1,573	1,555
F. Berat isi benda uji rata-rata		1,583	

Dari hasil analisis tersebut diatas didapat besarnya berat volume agregat kasar (Asli) :

Lepas I Gembur = 1,479 %

Padat / Goyangan = 1,583 %

#### c. Pemeriksa Kadar Air Agregat (Wc)

Tujuan :

Menentukan kadar air agregat dalam keadaan sebenarnya dilapangan (asli) dan dalam keadaan kering permukaan (SSD).

Peralatan :

- Cawan Almunium
- Timbangan

- Oven

- Talam logam tahan karat

Bahan :

- Agregat dalam keadaan sebenarnya di lapangan (asli)

- Agregat dalam keadaan kering permukaan (Saturated Surface Dry)

Cara kerja :

1. Kerikil direndam dalam air selama 24 jam kemudian dilap sampai kering permukaan.
2. Cawan ditimbang lalu di cat, kerikil dan cawan ditimbang kemudian dioven selama 24 jam.
3. Kadar air kerikil dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$$

Dimana :

$W_3$  = berat contoh semula (gram)

$W_5$  = berat contoh kering (gram)

Tabel 4. 8 Kadar Air Agregat Kasar

KADAR AIR AGREGAT HALUS	Asii				SSD	
Norner test	1	2	3	4	5	6
Berat tempat= A gr	14.50	13.92	13.90	14.24	1.415	15.27
Berat tempat + contoh= B gr.	100.76	90.52	114.62	69.98	93.45	80.72
Berat tempat + contoh kering Oven = C gr	99.85	89.43	113.51	89.32	92.47	79.99
Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$	0.911	1.444	1.114	1.128	1.719	1.128
Kadar air rata-rata (%)	1.156				1.348	

Dari analisis tersebut didapat besarnya kadar air dari kerikil sebagai berikut :

- a. Dalam keadaan asat = 1,156%
- b. Dalam keadaan SSD adalah = 1,348%

d. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tujuan :

<sup>[33]</sup> Menentukan apesific gravity dan penyerapan (absorpsi) dari agregat halus menurut prosedur ASTM C127.<sup>[1]</sup> Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton.

Peralatan: .

- a. <sup>[5]</sup> Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram yang mempunyai kapasitas minimum sebesar 5 kg.
- b. <sup>[2]</sup> Keranjang besi diameter 203,2 mm ( 8 <sup>[2]</sup> ) dan tinggi 63,5 mm ( 2,5" ).
- c. <sup>[2]</sup> Alat penggantung keranjang.
- d. Oven.
- e. Lap.

Bahan :

<sup>[1]</sup> Berat contoh agregat kasar disiapkan sebanyak 11 liter dalam keadaan kering muka SSD.<sup>[1]</sup> Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan.<sup>[1]</sup> Butiran lolos saringan No.4 tidak dapat dipakai sebagai benda uji.

Cara kerja :

1. Benda uji direndam selama 24 jam.
2. Benda uji dikering mukakan (SSD) dengan menggulungkan handuk pada butiran agregat.
3. Timbang contoh. Hitung berat contoh kondisi SSD = Bj

4. Contoh benda uji dimasukkan kedalam keranjang dan direndam kembali di dalam air. Temperatur air dijaga ( 73,4± 3)°F, dan kemudian ditimbang, setelah keranjang digoyang-goyangkan dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap. Hitung berat contoh kondisi jenuh = Ba
5. Contoh dikeringkan pada temperatur (212± 130)°F. Setelah didinginkan, kemudian ditimbang. Hitung berat contoh kondisi kering = Bk

Perhitungan :

$$\text{Berat jenis (Bulk)} = \frac{Bk}{(Bj - Ba)}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{Bj}{(Bj - Ba)}$$

$$\text{Berat jenis semu (Apparent)} = \frac{Bk}{(Bk - Ba)}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\%$$

Dimana:

Berat contoh kering permukaan jenuh (SSD)	Bj
Berat contoh kering oven	Bk
Berat contoh kondisi jenuh	Ba

Tabel 4. 9 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

	A	B	Rata-rata
Berat contoh kering permukaan jenuh (SSD) $B_j$	500	500	500
Berat contoh kering oven.. $B_k$	481.45	490.67	486.86
Berat contoh kondisi jenuh.. $B_a$	631.1	638.37	630.735
Berat tabung	153.19	155.75	
$B_k$			
Berat jenis (Bulk) $(B_j - B_a)$	2.769	2.758	2.764
Berat jenis kering permukaan jenuh			
$B_j$			
$(B_j - B_a)$	2.803	2.809	2.806
Berat jenis semu (Apparent)			
$B_k$	2.865	2.905	2.885
$(B_k - B_a)$			
Penyerapan $(B_j - B_k) \times 100\%$ $B_k$	1.215	1.833	1.524

#### 4.2. Raneangan Campuran Beton ( Mix Desain)

Kekuatan tekan beton sangat tergantung pada mutu bahan, perbandingan bahan dasarnya, cara mencampur serta perawatan. Oleh karena itu dalam PBI-1971 pasal 4.1. diisyarakan untuk rntu beton selain  $B_o$  dan  $B_i$ , campuran beton dasar dirancang sedernikian rupa sehingga menghasilkan kekuatan tekan karaterristik (cr 'bk ) yang direncanakan. Di Indonesia metode rancangan campuran (design) yang sering digunakan adalah cara Inggris yaitu : <sup>[63]</sup>Design of Normal Concrete Mixes<sup>[34]</sup> atau biasanya disebut dengan rnetode DOE.

<sup>[61]</sup>Dalam metode ini agregat diisyaratakn harus berada dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD).<sup>[34]</sup> Di indonesia metode DOE

sering digunakan karena persyaratannya mudah dipenuhi dan lebih sesuai dengan keadaan alami di Indonesia.

<sup>[63]</sup> Pada penelitian ini dipakai rancangan campuran cara DOE atas dasar penggunaan yang luas di Indonesia. <sup>[63]</sup> Tujuan pembuatan rancangan campuran adalah untuk mendapatkan berat dari bahan-bahan penyusun beton yaitu <sup>[37]</sup> semen, air, kerikil, dan pasir, sedemikian rupa sehingga menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang dikehendaki.

#### 4.2.1 Data-data perhitungan

Semen

- Semen Gresik type I

Kerikil :

- Type batu pecati
- Ukuran max 20 mm
- $W_c \text{ SSD} = 1,156 \%$
- $W_c \text{ asli} = 1,348 \%$
- Berat jenis SSD = 2,806

Pasir :

- Type pasir alami
- $W_c \text{ SSD} = 7,981 \%$
- Berat jenis SSD = 2,695
- Absorpsi = 2,877

#### 4.2.2 Metode Peraucangan Campuran DOE

Metode rancangan campuran yang direncanakan dalam penelitian ini adalah memakai Metode DOE. Jumlah bahan yang diperlukan per  $m^3$  adalah:

- Semen =  $381,82 \text{ kg}/m^3$
- Air =  $210 \text{ kg}/m^3$

- Pasir = 836,181 kg/m<sup>3</sup>
- Kerikil = 1021,999 kg/m<sup>3</sup>

Untuk menghindari terjadinya kekurangan campuran beton akibat banyak faktor, volume pekerjaan dapat dikalikan faktor keamanan 1,1 sehingga volume pekerjaan menjadi :

$$\begin{aligned}\text{Volume (V)} &= 0,1333 \cdot 1,1 \\ &= 0,14663 \text{ m}^3 \text{ ) } 0,05 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Maka untuk masing-masing variasi dibagi menjadi tiga kali pengadukan. Bahan-bahan yang di perlukan untuk campuran pengecoran dapat dilihat dalam tahap berikut ini

Tabel 4. 10 Bahan-bahan Yang Diperlukan Untuk Trial Mix

		Per Trial Mix	Pasir	Semen	Kerikil	Air
A	Balok + 3 Silinder Besar + 2 Silinder Kecil	0,0359	30,02	13,707	36,690	6,14
B	Balok + 2 Silinder Besar + 5 Silinder Kecil	0,0353	29,517	13,478	36,,077	6,039
C	Ba1ok+ 13 Silinder Keeil	0,0377	31,524	14,395	38.529	6,450

Sedangkan penggunaan bahan campuran tambahan (Bentonite) dihitung berdasarkan prosentase dari berat semen, yang dapat thlihat pada tabel sebagai berikut :



Tabel 4. 11 Kebutuhan Bahan Campuran Tambahan dan Semen Untuk Trial Mix

No	Penambahan	Semen			Bentonite		
		A	B	C	A	B	C
1.	0 %	13.707	13.478	14.395	-	-	-
2.	2 %	13.208	13.208	14.107	0.274	0.270	0.288
3.	4 %	13.159	12.940	13.819	0.548	0.538	0.576
4.	6 %	12.885	12.669	13.531	0.822	0.809	0.864
5.	8 %	12.610	12.400	13.234	1.097	1.078	1.152
6.	10 %	12.336	12.130	12.956	1.371	1.348	1.439
7.	12 %	12.062	11.861	12.668	1.645	1.617	1.727
8.	14 %	11.788	11.591	12.380	1.919	1.887	2.015
	$\Sigma$	101.98	100.277	107.099	7.676	7.547	8.064
	$\Sigma$ Total		309.356 kg			23.287 kg	

#### 4.3. Pelaksanaan Campuran Beton

Prosedur penelitian untuk pelaksanaan campuran, setelah ditetapkan unsur--unsur campuran adalah sebagai berikut :

- <sup>[ 3 ]</sup> ▶ Persiapkan campuran sesuai dengan rencana berat pada wadah yang terpisah.
- <sup>[ 1 ]</sup> ▶ Persiapkan wadah yang cukup menampung volume beton basah rencana.
- <sup>[ 1 9 ]</sup> ▶ Masukkan agregat kasar dan halus ke dalam wadah.
- Dengan menggunakan alat pengaduk, dilakukan pencampuran agregat.
- <sup>[ 1 ]</sup> ▶ Tambahkan semen pada agregat campuran dan ulangi proses pencampuran, sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.
- <sup>[ 1 ]</sup> ▶ Tuangkan sebanyak Jumlah air kedalam wadah dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
- <sup>[ 1 ]</sup> ▶ Tambahkan 1/3 jumlah air kedalam wadah ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.

h.<sup>[1]</sup> Lakukan pemeriksaan slump.

i.<sup>[1]</sup> Apabila nilai slump sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji ditetapkan berdasarkan volume adukan.

Catatan <sup>[95]</sup>: Pencampuran Bentonite dilakukan bersamaan dengan agregat kasar, semen dan agregat halus.

#### 4.3.1.<sup>[4]</sup> Percobaan Slump Beton

Tujuan <sup>[4]</sup>: Menentukan ukuran agregat derajat pengecoran adukan beton segar

Peralatan :

- a.<sup>[3]</sup> Cetakan berupa kerucut terpnung dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm dan tinggi 30 cm bagian atas dan bawah cetakan terbuka.
- b.<sup>[1]</sup> Tongkat pemadat dengan 16 mm, panjang 60 cm ujung bulat dan sebaiknya bahan tongkat dibuat dari baja tahan karat.
- c.<sup>[1]</sup> Pelat logam dengan permukaan rata dan kedap air.
- d. Sendok cekung.

Cara kerja :

- a.<sup>[1]</sup> Cetakan dan plat di basahi.
- b.<sup>[1]</sup> Letak-an cetakan diatas plat.
- c.<sup>[2 2]</sup> Isi cetakan sampai penuli dengan beton segar dalam 3 lapis.<sup>[1]</sup>  
Tiap lapis kira-kira 1/3 isi cetakan.<sup>[1]</sup> Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata.<sup>[1]</sup> Tongkat pemadat harus masuk tepat sampai bagian paling bawah tiap-tiap lapisan.<sup>[1]</sup> Pada lapisan pertama, penusukan bagian tepi dilakukan dengan tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan dinding cetakan.
- d.<sup>[1]</sup> Setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat, lalu ditunggu selama satu menit, dan dalam

waktu ini semua kelebihan beton segar disekitar cetakan harus dibersihkan.

- e. <sup>[ 4 ]</sup>▶ Cetakan diangkat secara perlahan-lahan tegak lurus keatas.
- f. <sup>[ 4 ]</sup>▶ Baikan cetakan dan letakan disamping benda uji.
- g. <sup>[ 1 ]</sup>▶ Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi rata-rata dari benda uji.

<sup>[1]</sup>▶ Nilai slump = tinggi cetakan — tinggi rata-rata benda uji

Catatan : <sup>[1]</sup>▶ Untuk mendapatkan hasil yang teliti, lakukan dua kali pemeriksaan untuk adukan yang sama, yang kemudian nilai slump yang diukur = rata-rata pengamatan.

#### 4.3.2. Pengujian Beton Basah (Air Content dan Compacting Factor)

Prosedur percobaan Air Content adalah :

- <sup>[28]</sup>▶
- Buka bagian atas air meter dengan mengendurkan baut-baut penjepit
  - Bersihkan bagian dalam container air meter
  - Masukkan adukan beton kurang lebih 1/3 bagian dari container tersebut untuk lapisan pertama lalu tusuk-tusuk dengan batang pemadat secara merata sebanyak 25 kali
  - Ulangi hal yang sama untuk lapisan 2 dan 3
  - Ratakan permukaan adukan beton dengan alat perata untuk menjaga kelebihan adukan beton dalam container
  - Pasang kembali bagian atas air meter lalu kencangkan baut-baut penjepitnya
  - Buka ujung bagian atas lalu masukan air sampai sedikit diatas angka nol pada gelas skala pengukur
  - Pasang kembali ujung bagian atasnya kemudian buka klep atas agar udara bebas mengalir

- Turunkan permukaan air dalam gelas skala dengan mengendurkan klep bawah sehingga permukaan air tepat pada skala nol
- Tutup klep atas dan bawah lalu pompa sampai tekanan  $P_0$

Pada percobaan Compacting Factor langkah-langkah percobaannya adalah :

- <sup>[28]</sup>▶ - Tempatkan alat pada tempat aman dan kokoh
- Siapkan adukan **beton segar yang** telah memenuhi syarat
- Tutup pintu pengeluaran corong dengan memutar handle pengimci
- Tempatkan adukan beton pada corong atas, lalu buka tutup corong dan adukan beton akan jatuh pada corong bawah lalu buka kembali tutup corong tersebut dan adukan harus jatuh pada silinder mold
- Setelah adukan berada pada silinder mold hitung hasil yang dapat ditampung oleh silinder mold untuk pengujian selanjutnya

#### 4.3.3. Persiapan dan Pembuatan Benda

- Cetakan sebelumnya diolesi dengan oli atau vaselin agar nantinya mudah dilepaskan dari beton cetak.
- <sup>[4]</sup>▶ **Adukan beton** diambil langsung dari wadah atau adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainnya yang tidak menyerap air.<sup>[4]</sup>▶ Bila dirasakan perlu bagi konsistensi adukan, lakukan adukan ulang sebelum dimasukkan kedalam cetakan.
- <sup>[1]</sup>▶ **Cetakan** diisi dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan secara merata.<sup>[4]</sup>▶ Setelah melakukan pemadatan, sisi cetak ditekuk perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup.<sup>[1]</sup>▶ Permukaan beton diratakan kemudian dibiarkan dalam cetakan selama 24 jam.

Kemudian cetakan dibuka dan benda uji dapat dimasukan kedalam bak perendaman ( Moist Curing ).

#### 4.4. Pemeliharaan dan Perawatan Benda Uji Dengan Moist Curing

Perawatan benda uji ini dilaksanakan pada saat dalam keadaan belum mengeras dan setelah mengeras. Prosedur perawatan benda uji dengan metode perendaman (Moist Curing) adalah sebagai berikut :

a. <sup>[17]</sup> Perawatan benda uji sebelum mengeras. <sup>[63]</sup>

Perawatan benda uji ini dimaksudkan agar benda uji terhindar dari penguapan air yang berlebihan dan juga penambahan air. Pada tahap perawatan ini, benda uji diiindungi terhadap pengaruh panas, matahari, dan hujan. Untuk itu benda uji dimasukan kedalam laboratorium setiap selesai dibuat dan dibiarkan selama waktu yang ditentukan, baru nantinya dapat dimasukan kedalam perendaman. Pembukaan cetakan ini dilaksanakan satu hari setelah benda uji dibuat.

b. <sup>[24]</sup> Perawatan beton setelah mengeras

Benda uji yang telah dibuka dari cetakan, diberi tanda (kode) untuk membedakan dari kelompok prosentase campuran bahan tambahan. Dengan tujuan agar dapat memudahkan pada waktu pengujian pada tiap umur benda uji, kemudian benda uji dapat dimasukan kedalam bak perendaman untuk mencegah pengeringan yang bisa menyebabkan kehilangan air yang dibutuhkan kelembabpan yang diperlukan pada proses tersebut.

#### 4.5.<sup>[18]</sup> Pengetesan Benda Uji ( Kuat Tekan, Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas)

Pengetesan benda uji dilakukan pada saat benda uji 28 hari. Beberapa jam sebelum pengetesan benda uji dikeluarkan dari tempat perawatan dan dibiarkan mengering dengan sendirinya.

<sup>[2]</sup> Pengetesan kekuatan tekan dan modulus elastisitas dilakukan dengan alat tekan (Compression Testing Machine) dengan kapasitas 1200 KN dan alat modulus of elasticity in concrete test yang gunanya untuk mengetahui nilai regangan beton.

<sup>[21]</sup> Sebelum dilakukan pengetesan, benda uji ditimbang dengan maksud untuk mengetahui berat volume kering beton.<sup>[2]</sup> Untuk pengetesan dipilih benda uji dengan bentuk silinder dengan permukaan rata, agar gaya yang diberikan dapat diterima secara merata oleh bidang tekan.

#### 4.6. Pengetesan Kekuatan Tarik Lentur

Cara untuk menaksir kekuatan tarik beton yang menyebarkan adalah dengan cara tes lentur.<sup>[3]</sup> Benda uji adalah balok berukuran 15 x 15 x 60 cm. Cetakan diisi dengan dua lapisan yang sama masing-masing mendapat 60 kali rojokan. Balok beton dirawat sesuai dengan pedoman dan uji kelenturannya pada sepertiga muatan. Balok diberi beban pada sepertiga muatan secara bertahap sampai beton pecah.

## BAB V

### ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Analisis Data dan Hasil Pengujian

Data hasil pengujian dibagi atas 5 bagian yaitu:

1. Data hasil pengujian faktor kepadatan beton dengan dan tanpa penambahan Bentonite.
2. Data hasil pengujian kadar udara beton dengan dan tanpa penambahan Bentonite.
3. <sup>[2 5]</sup> Data hasil pengujian kuat tekan beton dengan dan tanpa penambahan Bentonite.
4. Data hasil pengujian modulus elastisitas beton dengan dan tanpa penambahan Bentonite,
5. Data hasil pengujian kuat tarik lentur beton dengan dan tanpa penambahan Bentonite.

##### 5.1.1 Analisis Data Hasil Pengujian Faktor Kepadatan Beton

Kelompok campuran dengan penambahan bentonite 0%:

$W_p = 17,77 \text{ kg}$

$W_f = 20,18 \text{ kg}$

Faktor kepadatan =  $\frac{W_p}{W_f}$

Dimana :

$W_p$  = berat beton yang dipadatkan sebagian

$W_f$  = berat beton yang dipadatkan penuh maka :

Faktor kepadatan =  $\frac{17,77}{20,18} = 0,881$

Selanjutnya untuk hasil perhitungan faktor kepadatan beton dengan dan tanpa penambahan bentonite terlihat pada tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Data Hasil Pengujian Faktor Kepadatan Beton

No	Penambahan Bentonite	A			B			Fk rata2
		Wp	Wf	Fk	Wp	Wf	Fk	
1	0%	17.66	19.66	0.898	18.16	20.45	0.888	0.893
2	2%	18.89	21.08	0.896	19.149	21.23	0.902	0.899
3	4%	20.51	22.17	0.925	20.42	21.56	0.947	0.961
4	6%	20.27	22.01	0.921	20.55	22.1	0.930	0.925
5	8%	19.38	21.46	0.903	18.966	21.82	0.869	0.886
6	10%	16.52	20.18	0.819	18.59	20.98	0.886	0.852
7	12%	16.16	21.3	0.759	19.21	21.49	0.894	0.826
8	14%	19.47	22.02	0.884	16.08	22.96	0.701	0.792

Gambar 5. 1 Hubungan Antara Dosis Penambahan Bentonite Dengan Faktor Kepadatan



### 5.1.2 Analisis Data Hasil Pengujian Kadar Udara

Dengan menggunakan metode tekanan untuk mencari kadar udara suatu

beton :

Kadar Udara Nyata.

Sample 1:

$$h_1 = 4,9 \quad h_2 = 0,5$$

$$A_{1\frac{h_1}{h_2}} = 4,4$$

Sample 2:

$$h_1 = 4,8 \quad h_2 = 0,3$$

$$A_{1\frac{h_1}{h_2}} = 4,5$$

Maka A rata-rata = 4,45

Sedangkan kadar udara agregat saja:

$$h_1 = 4,9 \quad h_2 = 1,5$$

$$A_2 = 3,4$$

Maka kadar udara sebenarnya adalah:

$$A = A_{rata-rata} - A_2$$

$$= 4,45 - 3,4 = 1,05$$

Untuk menghitung kadar udara yang lainnya hasilnya terlihat pada Tabel 5.2.

[21]

**Tabel 5. 2** Data Hasil Pengujian Kadar Udara Beton

Penambahan betonite	h1	h2	A1	h1	H2	A1	A1rata"	h1	H2	A2	Kadar udara
0%	4.9	0.5	4.4	4.8	0.3	4.5	4.5	4.9	1.5	3.4	1.05
2%	4.7	0.5	4.2	4.7	0.3	4.4	4.4	4.9	1.5	3.4	0.9
4%	4.7	0.5	4.2	4.6	0.4	4.2	4.2	4.9	1.5	3.4	0.8 <sup>[34]</sup>
6%	4.6	0.5	4.1	4.5	0.3	4.2	4.15	4.9	1.5	3.4	0.75
8%	4.5	0.3	4.2	4.3	0.3 <sup>[19]</sup>	4	4.1	4.9	1.5	3.4	0.7
10%	4	0.4	3.6	4.1	0.3	3.8	3.7	4.9	1.5	3.4	0.5 <sup>[103]</sup>
12%	3.8	0.6	3.2	4.1	0.4	3.7	3.5	4.9	1.5	3.4	0.1 <sup>[4]</sup>
0%	3.7	0.2	3.5	3.9	0.3	3.6	3.55	4.9	1.5	3.4	0.15 <sup>[21]</sup>

**Gambar 5. 2** Hubungan Antara Dosis Penambahan Bentonite Dengan Kadar Udara

### 5.1.3 Perhitungan Kuat Tekan Beton

Kelompok campuran dengan tambahan Bentonite 0% :

$$P = 220000 \text{ N}$$

$$f_e' = \frac{P}{A} \times f_b$$

Dimana :

<sup>[1]</sup>  $f_e'$  = Tegangan tekan hancur beton (Mpa)

P = Tekanan hancur beton (N)

A = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Fb = factor bentuk silinder kecil ke silinder besar (1,12)

1. Tegangan hancur

$$f_c' = \frac{220000}{0.25 \times \pi \times 100^2} \times f_b = 31,61 \text{ Mpa}$$

2. Tegangan hancur rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{\sum f_{ci}}{n}$$

$$f'_{cr} = \frac{4623807502}{15} = 30,82838 \text{ Mpa}$$

3. <sup>[ 4 2 ]</sup> Simpangan deviasi (S) ▶

$$s = \frac{\sum (f_c' - f_{cr}')^2}{n-1} = \frac{160,2707}{14} = 3,3835$$

$$S = s \times f_p = 3,9248$$

4. <sup>[ 4 2 ]</sup> Tegangan karakteristik beton ▶

$$f_{ck}' = f_{cr}' + 1,64 S$$

$$= 30,82538 + 1,64 \times 3,9248 = 37,26211 \text{ Mpa}$$

$$f_{ck}' = f_{cr}' + 2,64 S - 4$$

$$= 30,82538 + 2,64 \times 3,9248 - 4 = 37,18694 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diambil nilai yang terkecil} = 37,18694 \text{ Mpa}$$

Selanjutnya perhitungan akan terlihat pada Table 5.3<sup>[21]</sup> ▶

Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Betonite 0%

No Sample	Berat (kg)	P (N)	$f_b$	$f_c'$ (Mpa)	$f_{cr}'$ (Mpa)	$f_c' - f_{cr}'$
A	3.85	220000	1.12	31.388	30.825	0.317
B	3.81	220000	1.12	31.388		0.317
C	3.81	200000	1.12	28.535		5.245
D	3.79	190000	1.12	27.108		13.816
E	3.84	210000	1.12	29.961		0.745
F	3.85	220000	1.12	31.388		0.317
G	3.79	210000	1.12	29.961		0.745
H	3.79	200000	1.12	28.535		0.317
I	3.78	220000	1.12	31.388		0.745
J	3.65	200000	1.12	28.535		5.245
K	13.05	200000	1	38.499		58.894
L	12.89	680000	1	28.308		6.334
M	12.94	500000	1	29.440		1.916
N	12.69	520000	1	29.440		1.916
O	12.79	680000	1	38.499		58.894
Jumlah				462.380		160.270

Standart Deviasi = 3.924

$f_{ck}' = f_{cr}' + 1,64 S = 37.262 \text{ Mpa}$

$f_{ck}' = f_{cr}' + 2,64 S - 4 = 37.186 \text{ Mpa}$

**Tabel 5. 4** Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Betonite 2%

No Sample	Berat (kg)	P (N)	$f_b$	$f_c'$ (Mpa)	$f_{cr}'$ (Mpa)	$f_c' - f_{cr}'$
A	3.9	260000	1.12	37.095	35.63406	2.135928
B	3.78	260000	1.12	37.095		2.135928
C	3.74	260000	1.12	37.095		2.135928
D	3.9	260000	1.12	37.095		2.135928
E	3.75	230000	1.12	32.815		7.945483
F	3.68	270000	1.12	38.522		8.34189
G	3.78	260000	1.12	37.095		2.135928
H	3.75	270000	1.12	38.522		8.34189
I	3.76	220000	1.12	31.388		18.02448
J	3.79	250000	1.12	35.668		0.001206
K	12.63	590000	1	33.404		4.9727
L	12.49	620000	1	35.102		0.28243
M	12.84	610000	1	34.536		1.204754
N	12.73	620000	1	35.102		0.28243
O	12.8	600000	1	33.970		2.768177
Jumlah				534.510		62.84508

Standart Deviasi = 2.457704

$f_{ck}' = f_{cr}' + 1,64 S = 39.6647 \text{ Mpa}$

$f_{ck}' = f_{cr}' + 2,64 S = 38.1224 \text{ Mpa}$

**Tabel 5.** 5 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Betonite 4%

No Sample	Berat (kg)	P (N)	$f_b$	$f_c'$ (Mpa)	$f_{cr}'$ (Mpa)	$f_c' - f_{cr}'$
A	3.73	280000	1.12	39.949	37.98934	3.840
B	3.73	290000	1.12	41.374		11.468
C	3.72	280000	1.12	39.949		3.8404
D	3.78	270000	1.12	38.522		0.284
E	3.77	290000	1.12	41.374		11.468
F	3.83	250000	1.12	35.668		5.384
G	3.81	270000	1.12	38.522		0.284
H	3.78	280000	1.12	39.949		3.840
I	3.86	260000	1.12	37.095		0.798
J	3.74	270000	1.12	38.522		0.284
K	12.53	630000	1	35.668		5.384
L	12.45	650000	1	36.801		1.411
M	12.7	640000	1	36.234		3.077
N	12.59	610000	1	34.536		11.922
O	12.54	630000	1	35.668		5.384
Jumlah				569.840		68.675

Standart Deviasi = 2.569

$f_{ck}' = f_{cr}' + 1,64 S = 42.202 \text{ Mpa}$

$f_{ck}' = f_{cr}' + 2,64 S - 4 = 40.771 \text{ Mpa}$

Tabel 5. 6 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan  
Betonite 6%

No Sample	Berat (kg)	P (N)	$f_b$	$f_c'$ (Mpa)	$f_{cr}'$ (Mpa)	$f_c' - f_{cr}'$
A	3.73	240000	1.12	34.242	30.11729	17.013
B	3.71	160000	1.12	22.828		53.133
C	3.69	260000	1.12	37.095		48.695
D	3.72	280000	1.12	39.949		96.663
E	3.66	220000	1.12	31.388		1.616
F	3.68	240000	1.12	34.242		17.013
G	3.67	220000	1.12	31.388		1.616
H	3.75	230000	1.12	32.815		7.279
I	3.66	180000	1.12	25.681		19.675
J	3.66	180000	1.12	25.681		19.675
K	12.42	460000	1	26.043		16.592
L	12.51	490000	1	27.742		5.640
M	12.65	500000	1	28.308		3.271
N	12.53	520000	1	29.440		0.457
O	12.31	440000	1	24.911		27.099
Jumlah				451.751		335.445

Standart Deviasi = 5.678

$f_{ck}' = f_{cr}' + 1,64 S = 39.429 \text{ Mpa}$

$f_{ck}' = f_{cr}' + 2,64 S - 4 = 41.107 \text{ Mpa}$

**Tabel 5. 7** Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Betonite 8%

No Sample	Berat (kg)	P (N)	$f_b$	$f_c'$ (Mpa)	$f_{cr}'$ (Mpa)	$f_c' - f_{cr}'$
A	3.71	240000	1.12	34.242	27.78089	41.746
B	3.73	210000	1.12	29.961		4.7562
C	3.84	190000	1.12	27.108		0.4524
D	3.71	190000	1.12	27.108		0.4524
E	3.73	210000	1.12	29.961		4.7562
F	3.61	210000	1.12	29.961		4.7562
G	3.72	190000	1.12	27.108		0.4524
H	3.84	190000	1.12	27.108		0.4524
I	3.72	180000	1.12	25.681		4.4073
J	3.84	200000	1.12	28.535		0.568
K	12.37	485000	1	27.459		0.103
L	12.52	485000	1	27.176		0.365
M	12.6	450000	1	25.477		5.304
N	12.47	440000	1	24.911		8.233
O	12.57	440000	1	24.911		8.233
Jumlah						85.041

Standart Deviasi = 2.858

$f_{ck}' = f_{cr}' + 1,64 S = 32.469$  Mpa

$f_{ck}' = f_{cr}' + 2,64 S - 4 = 31.328$  Mpa



Tabel 5. 8 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan  
Betanite 10%

No Sample	Berat (kg)	P (N)	$f_b$	$f_c'$ (Mpa)	$f_{cr}'$ (Mpa)	$f_c' - f_{cr}'$
A	3.68	200000	1.12	28.535		3.381
B	3.68	170000	1.12	24.254		5.960
C	3.84	200000	1.12	28.535		3.381
D	3.76	220000	1.12	31.388		22.018
E	3.73	170000	1.12	24.254		5.960
F	3.62	180000	1.12	25.681		1.029
G	3.68	170000	1.12	24.254		5.960
H	3.74	160000	1.12	22.828	26.696	14.96
I	3.72	210000	1.12	29.961		10.664
J	3.68	210000	1.12	29.961		10.66462
K	12.49	490000	1	27.742		1.094
L	12.55	410000	1	23.213		12.131
M	12.73	470000	1	26.610		0.007
N	12.58	480000	1	27.176		0.230
O	12.62	460000	1	26.043		0.425
Jumlah				400.441		97.873

Standart Deviasi = 3.067

$f_{ck}' = f_{cr}' + 1,64 S = 31.726 \text{ Mpa}$

$f_{ck}' = f_{cr}' + 2,64 S = 30.79321 \text{ Mpa}$

Tabel 5. 9 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan  
Betonite 12%

No Sample	Berat (kg)	P (N)	$f_b$	$f_c'$ (Mpa)	$f_{cr}'$ (Mpa)	$f_c' - f_{cr}'$
A	3.78	210000	1.12	29.961	23.01	48.401
B	3.77	140000	1.12	19.974		9.181
C	3.72	180000	1.12	25.681		7.165
D	3.63	180000	1.12	25.681		7.165
E	3.66	160000	1.12	22.828		0.031
F	3.69	200000	1.12	28.535		30.584
G	3.7	210000	1.12	29.961		48.401
H	3.67	140000	1.12	19.974		9.181
I	3.78	140000	1.12	19.974		9.181
J	3.7	180000	1.12	25.681		7.165
K	12.22	360000	1	20.382		6.877
L	12.48	280000	1	15.852		51.149
M	12.25	290000	1	16.418		43.371
N	12.48	380000	1	21.514		2.220
O	12.44	400000	1	22.646		0.128
Jumlah				345.070		280.208

Standart Deviasi = 5.189

$f_{ck}' = f_{cr}' + 1,64 S = 31.515 \text{ Mpa}$

$f_{ck}' = f_{cr}' + 2,64 S - 4 = 32.70523 \text{ Mpa}$

**Tabel 5.** 10 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan  
Tambahan Betonite 14%

No Sample	Berat (kg)	P (N)	$f_b$	$f_c'$ (Mpa)	$f_{cr}'$ (Mpa)	$f_c' - f_{cr}'$
A	3.73	120000	1.12	17.121	20.963	14.764
B	3.69	120000	1.12	17.121		14.764
C	3.77	200000	1.12	28.535		57.329
D	3.69	180000	1.12	25.681		22.260
E	3.82	140000	1.12	19.974		0.977
F	3.67	140000	1.12	19.974		0.977
G	3.78	170000	1.12	24.254		10.832
H	3.7	160000	1.12	22.828		3.476
I	3.7	120000	1.12	17.121		14.764
J	3.69	100000	1.12	14.267		44.835
K	12.38	420000	1	23.779		7.928
L	12.29	430000	1	24.345		11.437
M	12.28	270000	1	15.286		32.226
N	12.25	350000	1	19.815		1.3166
O	12.43	430000	1	24.345		11.437
Jumlah				314.451		249.329

Standart Deviasi = 4.895

$f_{ck}' = f_{cr}' + 1,64 S = 28.99175 \text{ Mpa}$

$f_{ck}' = f_{cr}' + 2,64 S - 4 = 29.88706 \text{ Mpa}$

**Gambar 5. 3** Hubungan Antara Dosis Penambahan Bentonite Dengan Kuat Tekan Karakteristik

#### 5.1.4 Perhitungan Modulus Elastisitas Beton

Menghitung modulus elastisitas beton :

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0.000050}$$

Dimana :

$E_c$  = Modulus Elastisitas

$s_2$  = 40 % tegangan ultitnate

$s_1$  = tegangan pada regangan sebesar 0,00005

$E_2$  = regangan akibat tegangan  $s_2$

Tabel 5. 11 Data Hasil Pengajuan Modulus Elastisitas

Gambar 5. 4 Hubungan Antara Dosis Penambahan Bentonite  
Dengan Modulus Elastisitas

#### 5.1.5 Analisis Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Kelompok dengan penambahan bentonite 0% :

Contoh perhitungan :

a. Kuat Tarik Lentur Beton ( $f_r$ )

$$P = 34000 \text{ N}$$

$$l = 600 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$d = 150 \text{ mm}$$

$$f_r = \frac{34000 \times 600}{150 \times 150^2} = 6,0444 \text{ Mpa}$$

b. Kuat Tarik Lentur rata-rata ( $f_{rr}$ )

$$f_{rr} = \frac{\sum f_r}{n} = \frac{19.0889}{3} = 6.6963$$

c. Standart Deviasi ( $s$ )

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_r - f_{rr})^2}{n - 1}}$$

d. Kuat karakteristik ( $f_c$ )

$$f_c = f_{rr} - 2,92 \times s$$

dimana : 2,92 faktor pengali untuk benda uji

$$f_c = 6,6963 - 2,92 \times 0,3551 = 4,873 \text{ Mpa}$$

Hasil pengujian kuat tarik lentur beton dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 5. 12 Data Hasil Pengajuan Kuat Tarik Lentur Beton

Gambar 5. 5 Hubungan Antara Dosis Penambahan Bentonite Dengan Kuat Tarik Lentur

## 5.2. Uji Hipotesis

Uji kesesuaian model yang dipakai adalah benda uji F. dengan uji F ini dimaksudkan agar dapat menentukan atau memilih model persamaan regresi yang paling sesuai dengan data hasil penelitian.

Analisis regresi dalam penelitian ini berturut-turut menggtmakan fungsi regresi polinomial (linier, kubik, kuadrat, dan seterusnya) dan atau model lainnya yang sesuai. Untuk memilih model persamaan regresi yang sesuai dari diagram hubungan antar variabel, diadakan uji statistik (uji uji r).<sup>[43]</sup> fungsi regresi secara umum dapat dirinci sebagai berikut :



Tabel 5. 13 Model Persamaan Regresi

Dimana

$b_0 = a$  = konstanta regresi

$t = x$  = harga variabel independent (bebas) atau harga time

$\ln$  = logaritma natural

$e$  = bilangan alam = 2.714

$u$  = harga batas atas dari model logistik

Pada umumnya, sering sekali terjadi hasil uji F menunjukkan bahwa misalnya : polinomial derajat 1 diterima, derajat 2 diterima, dan seterusnya atau model lain juga diterima. Bila terjadi demikian maka selain berpatokan pada hasil uji F yaitu nilai  $F_{hitung}$   $F_{tabel}$  hipotesis nol ditolak: ada perbedaan) juga membandingkan nilai  $R^2$  (koefisien determinan) yang terbesar.

#### 5.2.1<sup>[5]</sup> Analisis Statistik Faktor Kepadatan

Hasil perhitungan analisis statistik pada hasil pengujian faktor kepadatan beton dapat dilihat dari tabel di bawah ini :

Tabel 5. 14 Hasil Analisis Statistik SPSS 6.0 for Windows

Metode	F hitung	Ftabel (0905)	R Square (R <sup>2</sup> )
Linier	8,85896	5.99	0,59620
Kuadrat	16,90627	5.79	0,87118
Kubik	16,34039	6.59	0,92456

Keterangan F hitung > F tabel maka hipotesis nol ditolak; berarti penambahan bentonite berpengaruh terhadap faktor kepadatan beton.

Dari beberapa metode analisis regresi pada tabel diatas, menunjukkan R<sup>2</sup> yang paling besar adalah model kubik (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan faktor kepadatan dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 0,884414 + 0,030455 X - 0,005019X^2 + 0,00017X^3$  (lihat hasil analisis regresi model kubik pada lampiran).

$$Y = 0,884414 + 0,030455 X - 0,005019X^2 + 0,00017X^3$$

$$\frac{dy}{dx} = 0,030455 - 0,010038X + 0,00051X^2$$

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X_{1,2} = \frac{0,010038 \pm \sqrt{0,010038^2 - 4 \times 0,00051 \times 0,030455}}{2 \times 0,00051}$$

$$X_1 = 15,935$$

$$X_2 = 3,747 \text{ (memenuhi)}$$

Untuk  $X = 3,747$

$$Y = 0,884414 + (0,030455 \times 3,747) - (0,005019 \times 3,747^2) + (0,00017 \times 3,747^3) = 0,937$$

Sehingga diperoleh titik maksimum dari fungsi kuadrat  $Y = 0,884414 + 0,030455 X - 0,005019X^2 + 0,00017X^3$ , adalah (3,747;0,937). Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 3,747% dengan faktor kepadatan sebesar 0,937 %.

Gambar 5. 6 Hasil Analisis Regresi Faktor Kepadatan

#### 5.2.2 Analisis Statistik Kadar Udara

Hasil perhitungan analisis statistik pada hasil pengujian kadar udara beton dapat dilihat dari tabel di bawah ini

Tabel 5. 15 Hasil Analisis Statistik SPSS 6.0 for Windows

Metode	F hitung	Ftabel (0,05)	R Square (R <sup>2</sup> )
Linier	70,29912	5.99	0,92136
Kuadrat	33,23447	5.79	0,93004
Kubik	20,05105	6.59	0,93765

Keterangan Fhitung Ftabel, maka hipotesis nol ditolak; penambahan bentonite berpengaruh terhadap kadar udara beton.

Dari beberapa metode analisis regresi pada tabel diatas, menunjukkan R<sup>2</sup> yang paling besar adalah model kubik (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan kadar udara dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 1,003778 + 0,000298 X - 0,01066 X^2 + 0,000426 X^3$  (lihat hasil analisis regresi model kubik pada lampiran).

$$Y = 1,003778 + 0,000298 X - 0,01066 X^2 + 0,000426 X^3$$

$$\frac{dy}{dx} = 0,000298 - 0,02132X + 0,001278X^2$$

$$X_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X_{12} = \frac{0,02132 \pm \sqrt{0,02132^2 - 4 \cdot 0,000298 \cdot 0,0001278}}{2 \cdot 0,000298}$$

$$X_1 = 16,668$$

$$X_2 = 0,01399 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Untuk } X = 0,01399$$

$$Y = 1,003778 + (0,000298 \times 0,01399) - (0,01066 \times 0,01399^2) + (0,000426 \times 0,01399^3) = 1,0038$$

Sehingga diperoleh titik maksimum dari fungsi kuadrat  $Y = 1,003778 + 0,000298 X - 0,01066 X^2 + 0,000426 X^3$ , adalah (0,01399; 1,0038). Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 0,01399% dengan kadar udara sebesar 1,0038 %.

Gambar 5. 7 Hasil Analisis Regresi Kadar Udara

### 5.2.<sup>[5]</sup> Analisis Statistik Kuat Tekan

Hasil perhitungan analisis statistik pada hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat dari tabel di bawah ini :

Tabel 5. 16 Hasil Analisis Statistik SPSS 6.0 for Windows

Metode	F hitung	Ftabel (0,05)	R Square ( $R^2$ )
Linier	126.87771	5.99	0,51813
Kuadrat	83.97307	5.79	0.58940
Kubik	76.35793	6.59	0,663847

Keterangan Fhitung Ftabel , maka hipotesis nol ditolak;  
<sup>[25]</sup> ➤ penambahan bentonite berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

Dari beberapa metode analisis regresi pada tabel diatas,  
<sup>[21]</sup> ➤ menunjukkan R<sup>2</sup> yang paling besar adalah model kubik (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan laiat tekan dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 31,418560 + 3,079065 X - 0,623743 X^2 + 0,025274 X^3$  (lihat hasil analisis regresi model kubik pada lampiran).

$$Y = 31,418560 + 3,079065 X - 0,623743 X^2 + 0,025274 X^3$$

$$\frac{dy}{dx} = 3,079065 - 1,247486X + 0,075822X^2$$

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

X<sub>1</sub> = 13,429 (tidak memenuhi)

X<sub>2</sub> = 3,02 (memenuhi) ,maka yang dipakai X = 3,02

Untuk X = 3,02

$$Y = 31,418560 + (3,079065 \times 3,02) - (0,623743 \times 3,02^2) + (0,025274 \times 3,02^3) = 35,725$$

Sehingga diperoleh titik maksimurn dari fungsi kuadrat  $Y = 31,418560 + 3,079065 X - 0,623743 X^2 + 0,025274 X^3$  adalah (3,02; 35,725). Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 3,02% dengan kuat tekan sebesar 35,725 Mpa.

Gambar 5. 8 Hasil Analisis Regresi Kuat Tekan

#### 5.2.4 Analisis Statistik Modulus Elastisitas

Hasil perhitungan analisis statistik pada hasil pengujian modulus elastisitas beton dapat dilihat dari tabel di bawah ini :

Tabel 5. 17 Hasil Analisis Statistik SPSS 6.0 for Windows

Metode	F hitung	Ftabel (0,05)	R Square ( $R^2$ )
Linier	19.85188	5.99	0.76791
Kuadrat	9.25881	5.79	0.78739
Kubik	9.43520	6.59	0.87618

Keterangan Fhitung Ftabel , maka hipotesis nol ditolak; penambahan bentonite berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton.

Dari beberapa metode analisis regresi pada tabel diatas, menunjukkan R<sup>2</sup> yang paling besar adalah model kubik (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan modulus elastisitas dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 42,712274 + 3,899354X - 0,981540 X^2 + 0,043122 X^3$  (lihat hasil analisis regresi model kubik pada lampiran).

$$Y = 42,712274 + 3,899354X - 0,981540 X^2 + 0,043122 X^3$$

$$\frac{dy}{dx} = 3,899354 - 1,96308 X + 0,129366 X^2$$

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X_{1,2} = \frac{1,96308 \pm \sqrt{1,96308^2 - 4 \cdot 3,899354 \cdot 0,129366}}{2 \cdot 0,129366}$$

$$X_1 = 12,824$$

$$X_2 = 2,35$$

Untuk X = 2,35 (memenuhi)

$$Y = 42,712274 + (3,899354 \times 2,35) - (0,981540 \times 2,35^2) + (0,043122 \times 2,35^3) = 47,015$$

Sehingga diperoleh titik maksimum dari fungsi kuadrat  $Y = 42,712274 + 3,899354X - 0,981540 X^2 + 0,043122 X^3$  adalah (2,35; 47,015). Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 2,35% dengan modulus elastisitas sebesar 47,015 Mpa.



Gambar 5. 9 Hasil Analisis Regresi Modulus Elastisitas

#### 5.2.5 Analisis Statistik Kuat Tarik Lentur

Hasil perhitungan analisis statistik pada hasil pengujian kuat tarik lentur beton dapat dilihat dari tabel di bawah ini :

Tabel 5. 18 Hasil Analisis Statistik SPSS 6.0 for Windows

Metode	F hitung	Ftabel (0,05)	R Square ( $R^2$ )
Linier	20.75392	5.99	0.77573
Kuadrat	27.31777	5.79	0.91616
Kubik	14.86965	6.59	0.91771

Keterangan  $F_{hitung}$   $F_{tabel}$ , maka hipotesis nol ditolak; penambahan bentonite berpengaruh terhadap kuat tarik lentur beton.

Dari beberapa metode analisis regresi pada tabel diatas, menunjukkan  $R^2$  yang paling besar adalah model kubik (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan kuat tarik lentur dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 4,86427 + 0,150899 X - 0,031209 X^2 + 0,00055 X^3$  (lihat hasil analisis regresi model kubik pada lampiran).

$$Y = 4,86427 + 0,150899 X - 0,031209 X^2 + 0,00055 X^3$$

$$\frac{dy}{dx} = 0,150899 - 0,062418 X + 0,00165 X^2$$

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X_{1,2} = \frac{0,062418 \pm \sqrt{0,062418^2 - 4 \times 0,150899 \times 0,00165}}{2 \times 0,00165}$$

$$X_1 = 35,233$$

$$X_2 = 2,596 \text{ (metnenuhi)}$$

$$\text{Untuk } X = 2,596$$

$$Y = 4,86427 + (0,150899 \times 2,596) - (0,031209 \times 2,596^2) + (0,00055 \times 2,596^3) = 5,055$$

Sehingga diperoleh titik inaksimum dari fungsi kuadrat  $Y = 4,86427 + 0,150899 X - 0,031209 X^2 + 0,00055 X^3$  adalah (2,596; 5,055). Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 2,596% dengan kuat tarik lentur sebesar 5,055 Mpa.

Gambar 5. 10 Hasil Analisis Regresi Kuat Tarik Lentur

### 5.3. Analisis Hasil dan Pembahasan

1. Pada variasi bentonite terhadap campuran beton berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium serta pengujian hipotesis didapatkan rata-rata kekuatan tekan hancur, dan kuat tarik lentur yang makin tinggi pada optimasi 2% - 4% sedangkan lebih dari 6% akan mengalami penurunan.<sup>[34]</sup> Hal ini disebabkan karena pada dosis 2% - 4% bentonite dapat bersatu dengan semen membentuk suatu ikatan yang dapat memperkuat beton, tetapi diatas 6% penambahan bentonite terlalu banyak sehingga mengurangi kekuatan beton.
2. Bentonite membantu mengisi pori sehingga dengan bertambahnya dosis bentonite semakin kecil kadar udara yang dikandung oleh beton.
3. Dari beberapa metode analisis regresi  $R^2$  yang paling besar adalah model kubik (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan faktor kepadatan dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 0,884414 +$

$0,030455 X - 0,005019X^2 + 0,00017X^3$ . Sehingga diperoleh titik maksimum (3,747; 0,937). Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 3,747% dengan faktor kepadatan sebesar 0,937%.

4. Dari beberapa metode analisis regresi  $R^2$  yang paling besar adalah model kubuk (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan kadar udara dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 1,003778 + 0,000298 X - 0,01066X^2 + 0,000426X^3$ . Sehingga diperoleh titik maksimum (0,01399; 1,0038). Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 0,01399% dengan kadar udara sebesar 1,0038%
5. Dari beberapa metode analisis regresi  $R^2$  yang paling besar adalah model k-ubuk (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan kuat tekan dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 36,785167 + 2,40037 X - 0,515658X^2 + 0,022065X^3$ . Sehingga diperoleh titik maksimum (2,848; 39,949). Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 2,848% dengan kuat tekan sebesar 39,949 Mpa.
6. Dari beberapa metode analisis regresi  $R^2$  yang paling besar adalah model kubuk (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan modulus elastisitas dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 42,712274 + 3,899354 X - 0,981540X^2 + 0,043122X^3$ . Sehingga diperoleh titik maksimum (2,35; 47,015). Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 2,35% dengan modulus elastisitas sebesar 47,015 Mpa.
7. Dari beberapa metode analisis regresi  $R^2$  yang paling besar adalah model kubuk (polinomial pangkat 3), maka dapat model persamaan yang sesuai untuk hubungan kuat tarik lentur dengan penambahan bentonite adalah  $Y = 4,86427 - 0,150899 X - 0,031209X^2 + 0,00055X^3$ . Sehingga diperoleh titik maksimum

(2,596; 5,055).<sup>[21]</sup> Ini berarti bahwa prosentase optimum penambahan bentonite sebesar 2,596% dengan kuat tarik lentur sebesar 5,055 Mpa.

[21]

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Bedasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan pengaruh yang terjadi akibat penambahan bentonite dalam adukan beton yaitu :

- a. Bentonite dapat dimanfaatkan dalam rancangan campuran beton dalam dosis tertentu, dengan adanya bentonite (%) terhadap berat semen yang dibutuhkan mix design) pada campuran beton akan mempengaruhi perilaku mekanis beton (kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik lentur).
- b. Pada campuran beton — bentonite dengan dosis 4 % akan menaikkan faktor kepadatan, kuat tekan dan kuat tarik lentur sedangkan penambahan lebih dari 6% kembali akan mengalami penurunan karena pada dosis tersebut ikatan antara bahan campuran beton dan bentonite tidak sempurna. Sedangkan untuk kadar udara beton semakin banyak dosis bentonite semakin kecil kadar udara yang dikandung beton karena bentonite telah membantu menutupi pori-pori beton.
- c. Setelah dianalisis, Hipotesa Nihil ( $H_0$ ) ditolak dan menerima Hipotesa Alternatif ( $H_a$ ) karena  $F_{hitung} > F_{table}$
- d. Pada pengujian hipotesis dengan analisa regresi didapat persamaan  $Y = 0,884414 + 0,030455 X - 0,005019X^2 + 0,00017X^3$  dimana didapat faktor kepadatan maksimum 0,937 pada dosis 3,747 %.
- e. Pada pengujian hipotesis dengan analisa regresi didapat persamaan  $Y = 36,785167 + 2,40037 X - 0,515658 X^2 + 0,022065 X^3$  dimana didapat kuat tekan karakteristik maksimum  $f_c = 39,949$  Mpa pada dosis 2,848 %.

- f. Pada pengujian hipotesis dengan analisa regresi didapat persamaan  $Y = 4,86427 + 0,150899 X - 0,031209 X^2 + 0,00055 X^3$  kuat tarik lentur  $f_r = 5,055$  Mpa pada dosis 2,596%.
- g. Elastistas beton semakin besar dengan bertambahnya tegangan beton atau semakin besar tegangan beton semakin besar pula elastisitasnya.
- h. Permukaan beton — bentonite lebih halus dari pada beton normal.

## <sup>[107]</sup> 6.2 Saran

1. Untuk praktisi beton dilapangan sebaiknya menggunakan 4% bentonite sebagai bahan campuran beton karena terbukti dapat menaikkan rntu beton.
2. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya mencari pengaruh lain dari sifat mekanis beton akibat dari campuran beton — bentonite.
3. Diupayakan mengadakan penelitian lanjutan dengan menggunakan jenis tanah lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1990)<sup>[31]</sup>. **Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal**. Bandung : Yayasan LPMB dan DPU.
- Damami, Imam. (1998). Studi Penelitian Pengaruh Penambahan Bentonite Pada Campuran Beton Terhadap Modulud Elastisitas<sup>[83]</sup>. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil**. Malang : UMTVI.
- Dipohusodo, Istimawan. (1994)<sup>[31]</sup>. **Struktur Beton Bertulang**. Jakarta : Erlangga.
- LJ,Murdock.Brook,KM,Hendarko,Stephanus. (1986)<sup>[37]</sup>. **Bahan Dan Praktek Beton**. Jakarta : Erlangga.
- MA,Sudjana. (1996). Teknik Analisis Regresi dan Korelasi. Bandung : Tarsito.
- Sagel, R, Kole, P, Kusuma Gideon. (1994). Pedoman Pengerjaan Beton. Jakarta : Eriangga.
- Subakti, Aman. (1995)<sup>[83]</sup>. **Teknologi Beton Dalam Praktek**<sup>[10]</sup>. **Jurusan Teknik Sipil**. Surabaya : FTSP ITS.
- Subakti, Aman. (1995).Mix Desain Beton Normal Metode DOE. Jurusan Teknik. Surabaya : **Sipil FTSP — ITS**<sup>[83]</sup>.
- Susilo, Budi, Kusuma Pradi. (1996). Uji Scanning Electron Microscope Pada Material Standart Lempung Bentonite. Vasthu.
- Sutanto, dkk. (1998). Kajian Eksperimental Pengaruh Penambahan Bahan Silica Fume Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Perilaku Mekanis Dengan Sistem Moist Curring. Malang : LP3M-ITN.



Sutanto, dkk. (1999). Kajian Faktor Angka Konversi Kekuatan Tekan Beton Berdasarkan SK.SN1.T 15 1991-03 Pada Beton Mutu Sedang Dengan Perawatan Moist Curing. Malang : LP3M-ITN.